தாவரச் சூழ்நிலையியல், மரபியல், உயிர்மரூஉ இயல், இயங்கியல்

(பட்டப்படிப்புக்குரிய துணைப்பாடம்)

ஆசிரியர்

கு. பெரியசாமி

தமிழ்நாட்டுப்

பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை

க. நூ. வெ. இ. வரிசை எண்—236

தாவரச் சூழ்நிலையியல், மரபியல், உயிர்மருஉ இயல், இயங்கியல்

(துணைப் பாடம்)

(பட்டப்படிப்புக்குரியது)

ஆசிரியர்
டாக்டர் கு. பெரியசாமி,
முதுநிலை விஞ்ஞானி,
ஆய்வாளர் குழு (உயிரியல் துறை)
சென்னைப் பல்கலைக் கழகம்,
சென்னை.

ல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்
தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—August, 1970

D. C. P. No. 236

© Directorate of Collegiate Publications

Physiology, Ecology, Heredity & Evolution (Ancillary)

Dr. K. PERIASAMY

Net Price Rs. 4-00

(No discount)

Printed By

Novel Art Printers,

202, Jani Jan Khan Road,

Madras-14

அணிந்துரை

(**திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்**, தமிழகக் கல்வி-சுகாதார அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பத்து ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி. ஏ., வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் விஞ்ஞானப் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்றுவருகிறது. இவ் வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணி புரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும், தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம் நூல்களை வெளியிட்டுவருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான **'தாவரச் சூழ்நிலையியல், மரபியல், உயிர் மருஉவியல், இயங்கியல்'** என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்-கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகத்தின் 236ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 271 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும்; அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

இரா நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

			பக்கம்
I.	சூழ்நிலையியல்		
	1. தொடக்கம்	...	3
	2. வாழிட அமிசங்கள்	...	7
	3. தண்ணீரைப் பொறுத்துத் தாவரங்களின் வளர்ச்சி அமைப்பு	...	33
II.	மரபியல்	...	53
III.	உயிர்மருஉ இயல்	...	71
IV.	தாவர இயங்கியல்		
	1. தாவரங்களின் சில பொதுப் பண்புகள்	...	93
	2. மண்ணும் நீரும்	...	100
	3. நீருறிஞ்சல்	...	105
	4. நீராவிப் போக்கு	...	111
	5. சாறேற்றம்	...	122
	6. ஒளிச் சேர்க்கை	...	125
	7. உயிர்ப்பு	...	139
	8. அத்தியாவசியத் தனிமங்களின் பங்கு	...	151
	9. தாவர வளர்ச்சி	...	155
	10. விதை முளைப்பு	...	160
	11. தாவர அசைவுகள்	...	165
	கலைச்சொற்கள்		
	தமிழ்—ஆங்கிலம்	...	173
	ஆங்கிலம்—தமிழ்	...	187

சூழ்நிலையியல்
(ECOLOGY)

1. தொடக்கம்

ஒவ்வோர் உயிரும் பலதிறப்பட்ட பொருட்களாலும் பல்வேறு விசைகளாலும் உருவாக்கப்படும் சூழ்நிலையின் நடுவே வாழுகிறது. உயிரின் வாழ்க்கைக்குத் தேவையான சக்தியையும், சடப்பொருட்களையும் ஓர் உயிருக்குத் தருவதல்லாமல், உயிரிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் தேவையற்றப் பொருட்களை அகற்றும் பணியையும் சூழ்நிலை ஆற்றுகிறது. ஓர் உயிரின் வாழ்க்கைக்கு அவசியமான அடிப்படைத் தேவைகளைத் தரக்கூடியதாகவும், உயிரை அழித்துவிடக் கூடிய தன்மையற்றதாயும் சூழ்நிலையானது இருந்தாலொழிய, எந்த உயிரும் நீடித்து வாழ முடியாது. உதாரணமாக, ஆக்சிஜன் மிகக் குறைவான எவரஸ்ட் சிகரத்திலும், தண்ணீரே இல்லாத பாலை வனத்திலும், பிராணிகளும் தாவரங்களும் தமது அடிப்படைத் தேவைகளை அடைய முடியாது. ஜாவாவில் உள்ள மரணப்பள்ளத் தாக்கில், அங்குள்ள குகைகளிலிருந்து வெளிப்படும் கார்பன் டை ஆக்சைடு எப்போதும் நிரம்பியிருப்பதால் அங்குத் தாவரங்களைத் தவிர மற்றப் பிராணிகள் வாழ முடியாது.

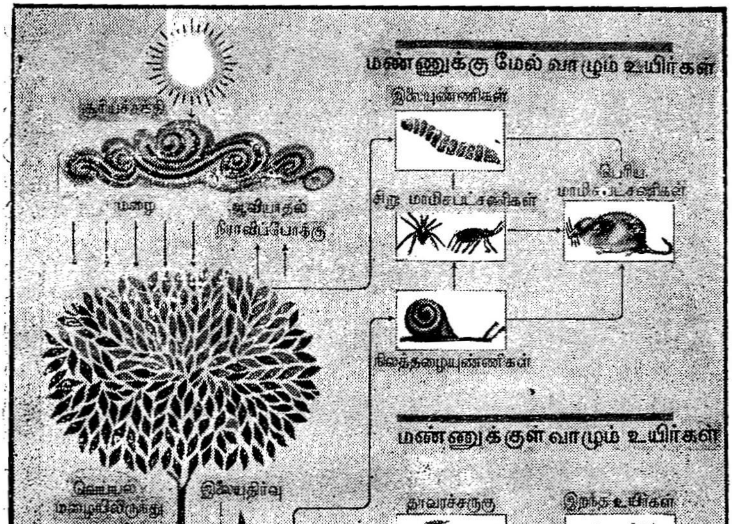
விலங்குகள், தாவரங்கள் ஆகிய உயிர்கள் தமது சுற்றுப்புறத்தோடு கொண்டுள்ள தொடர்புகளைப் பற்றி அறிவதே சூழ்நிலையியலாகும். சூழ்நிலையை அனுசரித்தே உயிர்களின் பண்புகள் அமைகின்றன என்பதைப் பண்டைக்காலமுதலே மக்கள் அறிந்திருந்தனர். குறிப்பாகத் தமிழர்கள் சங்ககாலத்துக்கு முன்பே சூழ்நிலையியலைப் பற்றித் தெளிவான சில கருத்துகளைக் கொண்டிருந்தனர் என்பது மருதம், முல்லை, குறிஞ்சி, நெய்தல், பாலை என்ற ஐந்திணைப் பாகுபாட்டிலிருந்து தெரிகிறது. வயலும் வயல் சார்ந்த இடமும் மருதம் என்றும், காடும் காடு சார்ந்த இடமும் முல்லை என்றும், மலையும் மலைச் சார்ந்த இடமும் குறிஞ்சி என்றும், கடலும் கடல் சார்ந்த இடமும் நெய்தல் என்றும், இவை தவிர்ந்த பிரதேசம் பாலை என்றும் நிலத்தை ஐந்தாகப் பாகுபடுத்தி அவை ஒவ்வொன்றுக்கும் உரிய மரம், பூ, விலங்குகள், வாழ்க்கை முதலியவைகளைக் குறிப்பிட்டிருப்பது, உயிரியலார் இன்று வகுத்துள்ள சூழ்நிலையியல் கோட்

பாடுகளுக்கு நிகரானவைகளாக இருக்கின்றன. மற்றும் நிலத்தின் தன்மைக்கேற்ப மக்களின் அக வாழ்க்கையில் சில குறிப்பிட்ட நிகழ்ச்சிகள் பிரதானமாகக் காணப்படும் என்பதைக் குறிக்குமுகத் தான் ஒவ்வொரு திணைக்கும் ஓர் அகப்பொருட் துறையை இலக்கிய மரபாக் அமைத்திருப்பது அவர்கள் சூழ்நிலையைப்பற்றி நன்கு அறிந்து, அவ் வறிவின் பயனுகச் சூழ்நிலையோடியைந்த வாழ்க்கை நெறிகளை வகுத்து வாழ்ந்தார்கள் என்பதற்குத் தக்க சான்ருகும்.

தற்காலத்தில் சூழ்நிலையியலைப்பற்றி முதலில் 1868ஆம் ஆண்டு ரிட்டர் (Riter) என்பவர் குறிப்பிட்டார். அதன் பிறகு 1869ஆம் ஆண்டு எர்னஸ்ட் ஹெக்கல் (Ernest Hackel) என்பவர், சூழ்நிலையல் என்பது உயிர்களுக்கும் அவற்றின் சுற்றுப்புறத்துக்கும் உள்ள பரஸ்பரத் தொடர்புகளை அறியும் அறிவாகும் என விவரித்தார். 1895ஆம் ஆண்டு வார்மிங் (Warming) என்பவர், தாவரங்களின் சூழ்நிலையியலைத் திட்டவட்டமாக ஆராயத் தொடங்கினுர். அதுமுதல் சூழ்நிலையியலின் தற்கால வளர்ச்சி தொடங்கியதெனலாம்.

ஆரம்பத்தில் சூழ்நிலையியலானது பெரும்பாலும் தாவரங்களைப் பொருத்ததாகவே வளர்ச்சியுற்றது. பின்பு விலங்குகளின் சூழ்நிலையியலும் ஆராயப்படலாயிற்று. ஆனுல் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்பில்லாமல் தனித்தனித் துறைகளாகவே பல ஆண்டுகள் வளர்ந்தன. எனினும் நாளடைவில் தாவரங்களும் விலங்குகளும் தமது வாழ்க்கையில் ஒன்ருேடொன்று நெருங்கிய தொடர்புடையன என்பதையும், ஆகவே அவற்றில் ஒன்றைப் புறக்கணித்து மற்ரென்றை மட்டும் அறிந்துகொள்ள முயல்வது பூரணமான சூழ்நிலையியலாகாது என்பதையும்சூழ்நிலையியலார் உணர்ந்தார்கள். எனவே, இன்று தாவரங்களின் சூழ்நிலையியல், விலங்குகளின் சூழ்நிலையியல் என்று முன்பிருந்த வேறுபாடு மாறிச் சூழ்நிலையியலென்பது உயிர்களனைத்துக்கும் பொதுவானதொன்ருகவே கையாளப்படுகிறது.

சூழ்நிலையும், உயிர்களும் ஒன்றையொன்று பரஸ்பரம் பாதித்துக் கொள்ளுகின்றன. உதாரணமாக மரங்களின் வளர்ச்சி சூழ்நிலையிலிருந்து அவை பெறும் வெளிச்சத்தை வெகுவாகப் பொருத்திருக்கிறது. ஆனுல், அதே சமயம் மரங்கள் வெளிச்சத்தைத் தடுத்துத் தமக்கு அடியில் நிழலை உண்டாக்கி வெளிச்சத்தைக் குறைக்கின்றன. ஒரு குளத்தின் நீரில் கரைந்துள்ள உப்புகளும் வாயுக்களும், அதில் வாழும் உயிர்களின் வாழ்க்கையைக் கட்டுப்படுத்தும் அதே சமயத்தில், அவற்றை உயிர்கள் எடுத்துக்கொள்ளுவதால் நீரிலுள்ள அவ்வுப்புகளின் அளவும் வாயுக்களின் அளவும் உயிர்களால் மாற்றி



படம் 1.

நிலன் வாழுயிர்களுக்கும் தாவரங்களுக்கும் இடையே ஏற்படும் சூழ் நிலைத் தொடர்புகள்.

யமைக்கப்படுகின்றன. தாவரங்கள் உப்புகளையும், கார்பன்டை ஆக்சைடையும் எடுத்துக்கொண்டு அவற்றின் அளவைக் குறைக்கவும், ஆக்சிஜனை வெளிவிட்டு அதன் அளவை அதிகரிக்கவும் செய்கின்றன. பிராணிகளோ தாவரங்களுக்கு எதிர்மாருக வாயு மாற்றம் செய்கின்றன.

சூழ்நிலை என்பது உயிர்களைச் சுற்றியுள்ள எல்லா அமிசங்களையும் குறிப்பதாகும். இதை சுற்றுப்புறம் அல்லது வாழிடம் (Habitat), சூழுயிர்கள் (Biotic factors) என இரண்டு பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். சுற்றுப்புறம் என்பது உயிர்களைத் தவிர்த்த வேதிய பௌதிக அமிசங்களைமட்டும் குறிப்பதாகும். சூழுயிர்கள் என்பது தாவரங்கள், விலங்குகள், நுண்ணுயிர்கள் ஆகிய உயிர்களைக் குறிப்பதாகும். சூழ்நிலையின் இவ்விரு பிரதான பிரிவுக்களுக்கிடையே ஏற்படும் தொடர்புகளைக் கிளமென்ட்ஸ் (Clements) என்னும் சூழ்நிலையியலர் பின்வருமாறு குறிப்பிட்டுள்ளார்.

சுற்றுப்புறம் உயிர்களைப் பாதிப்பது—பாதனை (Action)
உயிர்கள் சுற்றுப்புறத்தைப் பாதிப்பது—எதிர்ப்பாதனை (Re action)

உயிர்கள் உயிர்களைப் பாதிப்பது– கூட்டுப்பாதனை (Co-action)

ஒன்றோடொன்று நெருங்கிய தொடர்புடையனவான இம்மூன்று அமிசங்களையும் விளக்கமாக அறிந்து கொள்ளுவதே சூழ்நிலையியலின் குறிக்கோளாகும். இவற்றில் பாதனையைப்பற்றி அறிவதானது சுற்றுப்புறத்தில் காணப்படும் பலதிறப்பட்ட வேறுபாடுகளையும் கண்டுணர்வதே யாகும். ஆகவே, இது சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலையியல் (Habitat ecology) என்றும் கூறப்படும். எதிர்ப்பாதனை, கூட்டுப்பாதனை ஆகிய இரண்டையும் பற்றிய அறிவு தனிச் சூழ்நிலையியல் (Antecology), குழுச்சூழ்நிலையியல் (Synecology) என்ற இரண்டு பிரிவுகளில் அடங்கும். தனிச் சூழ்நிலையியல் என்பது, ஒரு தனிப்பட்ட உயிரானது எவ்வாறு தன்னைச் சூழ்நிலைக்கேற்ப அமைத்துக் கொள்ளுகிறது என்பதைக் கண்டறிவதாகும். குழுச் சூழ்நிலையியல் என்பது பல உயிர்கள் எவ்வாறு ஒருங்கு குழுமி ஒன்றோடொன்று தொடர்புகொண்டு வாழுகின்றன என்பதைப்பற்றி அறிவதாகும்.

2. வாழிட அமிசங்கள்
(FACTORS OF HABITAT)

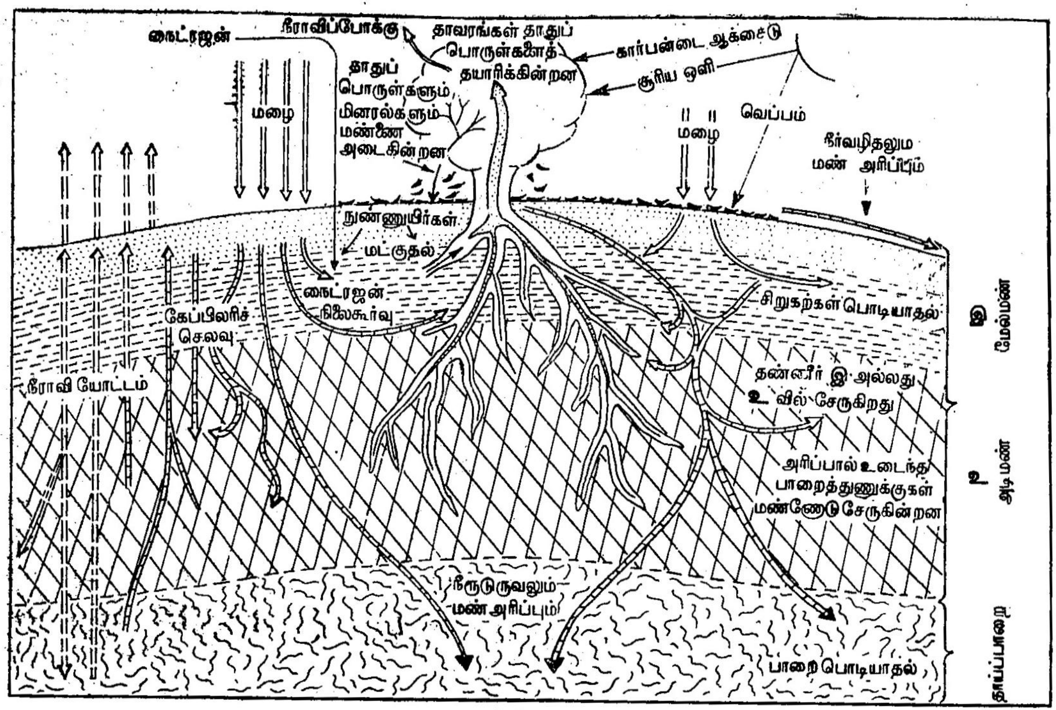
வாழிடமானது மண், வான் ஆகிய இரண்டு பிரதான அமிசங்களாலானது. (படம்-2). இவை ஒவ்வொன்றிலும் பல உள்ளமிசங்கள் அடங்கியிருக்கின்றன. மண்ணின் முக்கிய உள்ளமிசங்கள் மண்ணமைப்பு(Soil Structure), மண்ணியைபு (Soil Composition), மண் நீர் (Soil Water), மண் காற்று (Soil Air), மண்ணுயிர்கள் (Soil Organisms) முதலியனவாகும். வானின் முக்கிய உள்ளமிசங்கள் மழை, வெளிச்சம், வெப்பம், காற்று, காற்றீரம் முதலியனவாகும்.

மேற்கூறிய முறையிலல்லாமல் வாழிடத்தின் உள்ளமிசங்களை வேதிய அமிசங்கள் (Chemical Factors), பௌதிக அமிசங்கள் (Physical Factors) என்றும் பாகுபடுத்தலாம். மற்றும் இவ்வமிசங்களால் தாவரங்களும், விலங்குகளும் எப்படி பாதிக்கப்படுகின்றன என்பதைப் பொருத்து இவற்றை நேரடிஅமிசங்கள் (Direct Factors), மறைமுக அமிசங்கள் (Indirect Factors), அகலமிசங்கள் (Remote Factors) எனவும் பிரிக்கலாம். கிளமென்ட்ஸ் என்பவர் அமிசங்களை இவ் வழியில் கீழ்க்காணுமாறு பாகுபடுத்தியுள்ளார்.

1. நேரடி அமிசங்கள்

நீரின் அளவு, காற்றீரம், வெளிச்சம், வெப்பம், கரைசல் உப்புகள், மண்காற்று.

இவையாவும் உயிர்களை நேரடியாகப் பாதிப்பதால் நேரடி அமிசங்கள் எனப்படுகின்றன. தமக்கு இன்றியமையாத தண்ணீரை உயிர்கள் பெறுவது சுற்றுப்புறத்திலிருக்கும் தண்ணீரின் அளவை நேரடியாகப் பொருத்ததாகும். தண்ணீர் ஆவியாக வெளிச் செல்லுவது காற்றீரத்தையும், வெப்பத்தையும் நேரடியாகப் பொருத்ததாகும். உயிர்களனைத்துக்கும் உணவுண்டாக்கும் ஒளிச்சேர்க்கை வெளிச்சத்தை நேரடியாகப் பொருத்ததாகும். தாவரங்களின் உணவு நில நீரில் கரைந்துள்ள உப்புகளையும், தாவரங்களின் வேர்களும், மண்ணில் வாழும் உயிர்களும் சுவாசிப்பது மண் காற்றையும் நேரடியாகப் பொருத்தவையாகும்.



படம் 2.
மண் வளத்தை மாற்றும் முக்கியமான வேதிய, பௌதியக் கிரியைகளும் சூழ்நிலைத் தொடர்புகளும்.

2. மறைமுக அமிசங்கள்

மழை, மண்ணியைபு, காற்றோட்டம், காற்றமுக்கம்.

இவை உயிர்களை நேரடியாகப் பாதிக்காமல், நேரடி அமிசங்களைப் பாதிப்பதன் மூலமே உயிர்களைப் பாதிப்பதால் மறைமுக அமிசங்கள் எனப்படும். மழையும், மண்ணியையும் நீரின் அளவைப் பாதிக்கின்றன. காற்றோட்டமும், காற்றமுக்கமும், காற்றீரத்தையும் வெப்பத்தையும் பாதிக்கின்றன.

3. அகலமிசங்கள்

உயரம், சரிவு, வெளிப்பரப்பு.

இவை மறைமுக அமிசங்களைப் பாதித்து, அதனால் நேரடி அமிசங்களையும் அவை மூலம் உயிர்களையும் பாதிப்பதால் அகலமிசங்கள் எனப்படும். சரிவும் வெளிப்பரப்பும் மண்ணில் மழைநீர் உறிஞ்சப்படுவதைக் கட்டுப்படுத்துவதால் அதன் மூலம் நீரின் அளவைப் பாதிக்கின்றன. உயரமானது காற்றீரத்தைப் பாதிப்பதால் மழையையும் வெப்பத்தையும் கட்டுப்படுத்துக்கிறது.

சூழ்நிலையியலை அணுகும் கண்ணோட்டத்துக்கேற்ப அதன் உள்ளமிசங்களைப் பலவாறுகப் பாகுபடுத்திக் கொள்ளலாமென்றாலும், இவ்வுள்ளமிசங்களின் தன்மை பாகுபாட்டைப் பொருத்து மாறுது. இவ்வுள்ளமிசங்களின் தன்மையைப் பற்றிப் பார்ப்போம்.

மண்ணமிசங்கள்

மண்ணமைப்பு: (Soil Structure) பூமியின் மேற் பரப்புத்தூளாகி அத் தூளோடு உயிர்களின் கழிவுப் பொருட்களும், இறந்த உடலங்களும் மக்கிக் கலந்ததே மண்ணெனப்படும். மண்ணுக்கு அடியில் பொதுவாக அதனுடைய மூலமாகிய பாறை காணப்படுகிறது. மண்ணின் ஆழம் மெல்லியபடலத்திலிருந்து, மூன்று அல்லது நான்கு மீட்டர்களுக்கும் அதிகமாகக் கூட இருக்கலாம். பெரும்பான்மையான தாவரங்கள் தமக்கு வேண்டிய உப்புகளையும் தண்ணீரையும் மண்ணிலிருந்தே பெறுகின்றன. தாவரங்கள் வேரூன்றி நிற்பதற்கு ஆதாரமாகவும் மண் பயன்படுகிறது. நேரடியாக மண்ணில் வேரூன்றாமல் நீரில் மிதந்து வாழும் தாவரங்கள் கூட தமக்குத் தேவையான உப்புகளைத் தண்ணீரின் வழியாக மண்ணிலிருந்தே பெறுகின்றன. அதுபோலவே மற்றத் தாவரங்களின் மீது வாழும் ஒட்டுண்ணிகளும் (Parasite), மேலமரிகளும் (Epiphyte), மண்ணில் ஊன்றி நிற்கும் தாவரங்களைச் சார்ந்தே வாழ வேண்டியுள்ளன.

மூலப்பாறைகளிலிருந்து மண் பல திறப்பட்ட கிரியைகளால் உண்டாகிறது. இவற்றின் முதற்படியானது பாறை சிறு துண்டுகளாக உடைவதாகும். தண்ணீர் மாறி மாறி உறைந்து உருகுவது, காற்று வீச்சு, நீரோட்டம் ஆகியவற்ருல் ஏற்படும் அரிப்பு, பனிக்குன்றுகள் நகருவது முதலியன பாறைகளை உடையச் செய்யும் சாதனங்களாகும். மற்றும் பாறைகளைத் துளைத்து வாழும் லைக்கன்களும், (Lichen), தாவரங்களின் வேர்நுனிகளும் பாறைகள் உடைந்து பொடியாக முக்கிய காரணமாகின்றன. இரண்டாவது படி வேதியக் கிரியைகளான ஆக்சீகரணம் (Oxidation), நீக்கரணம் (Reduction), நீரெய்தல் (Hydration), நீர்நசிதல் (Hydrolysis), கரியெய்தல் (Carbonation) முதலியவற்ருல் உருவம், இயைபு ஆகியவை மாற்றமடைவதாகும். இக்கிரியைகளும் முதற்படியோடு கூடவே நிகழுகின்றன. இம்மாற்றங்கள் நிகழ, நிகழ, மண்ணின் பலபொருட்கள் மழைநீரிலும் தாவரங்களின் வேர்களிலிருந்து வெளிப்படும் கசிவுகளிலும் கரைகின்றன. மண்ணுற்பத்தியின் மூன்ருவது படி, மண்ணில் உயிர்த்தாதுக்கள் சேருவதாகும். தாவரங்கள் தொடர்ச்சியாக உதிர்க்கும் இலைகள், கிளைகள், பூக்கள், கனிகள் முதலியவைகளும், இறக்கும் தாவரங்களின் முழு உடலங்களும் மண்ணை அடைகின்றன. அதேபோல் விலங்குகளின் கழிவுப்பொருட்களும், அவற்றின் இறந்த உடலங்களும் மண்ணையே அடைகின்றன. பச்சைநிறத் தாவரங்கள் மண்ணிலிருந்து தாம் எடுத்துக்கொள்ளும் உப்புகளையும், தண்ணீரையும் காற்றிலுள்ள கார்பன்டை ஆக்சைடின் கரியோடு சேர்த்துப் பல வகையான உயிர்த்தாதுக்களை (Organic compounds) உண்டாக்குவதால், தாம் மண்ணிலிருந்து எடுத்துக்கொள்ளும் எளிய உப்புகளுக்குப் பதிலாகச் சிக்கலான அமைப்பைக்கொண்ட சர்க்கரை, ஸ்டார்ச்சு (Starch , செல்லுலோஸ் (Cellulose), கொழுப்பு (Fat), புரதம் (Protein) முதலியவற்றைத் தாம் எடுத்துக்கொள்ளும் உப்புகளின் அளவை விட அதிகமான அளவில் மண்ணுக்குத் திருப்பியளிக்கின்றன. இதனுல் மண்ணனது அதிக சக்தியைத் தன்னகத்தே கொண்ட உயிர்த்தாதுக்களைப் பெற்றுப் பலவகையான பாக்டீரியங்களும் (Bacteria) பூஞ்சணங்களும் (Fungi), இதர நுண்ணுயிர்களும் வாழத் தகுந்ததாகிறது (படம் 2). மண்ணில் வாழும் நுண்ணுயிர்கள், பெரிய தாவரங்கள் விலங்குகள் ஆகியவற்றின் உடலங்களை மட்கச் செய்து, முடிவில் கருநிறமான மட்காக மாற்றுகின்றன.

மேற்கூறியவற்றிலிருந்து, மண்ணின் தன்மையானது மூலப்பாறையையும், தாவரங்களும் பிறவுயிர்களும் வாழ்ந்த கால அளவையும் அவற்றின் தன்மையையும் பொருத்ததாகுமென அறியலாம்.

ஓர் இடத்தில் நெடுநாட்கள் நின்று வாழக்கூடிய தாவரங்கள் எவை என்பது அவ்விடத்தில் நிலவும் வானிலையைப் பொருத்ததாகும். எனவே, ஓரிடத்தில் காணப்படும் மண்ணின் முழுமைத் தன்மை, அவ்விடத்தின் வானிலையைப் பொருத்தே அமைவதாகும்.

தோன்றிய இடத்தைவிட்டு அகலாமல் அதே இடத்திலிருக்கும் மண் நிலைமண் (Residual soil) எனப்படும். ஓரிடத்தில் உண்டாகும் மண், ஈர்ப்பு, நீரோட்டம், பனிச்சரிவு முதலியவற்றால் வேறு இடங்களுக்குக் கொண்டு செல்லப்படலாம். இவ்வாறு வேறு இடத்திலிருந்து கொண்டு வரப்பட்ட மண் கொணர் மண் (Transported soil) எனப்படும். இவ்விரண்டையும் தவிர மலைப்பிரதேசங்களில் மட்டும் காணப்படும் மண் மலைமண் எனப்படும். இம்மூன்று வகை மண்ணும் இந்தியாவில் எவ்வாறு விரவியுள்ளன என்று பார்ப்போம்.

நிலைமண் வகைகள்: நன்கு முழுமைபெற்ற மிகப் பழைய மண் விந்திய மலைக்குத் தெற்கேயுள்ள இந்தியத் தீப கற்பத்தில் காணப்படுகிறது. மிகப் பழமையான கலப்படுக்குப்பாறைகள், உருமாறிய வண்டல் பாறைகள் முதலியவற்றிலிருந்து உண்டான இது, காடித் தன்மையுடைய அலுமினியம் சிலிகேட்டுகளையும், அவற்றோடு கொஞ்சம் இரும்பு, மக்னீசியம் உப்புகளையும் கொண்டதாகும். கால்சியப் பொருட்கள் கலந்த களிமண் பாறைகளும் உள்ளன. பொதுவாகச் சிவப்பு நிறமுடைய இச்செம்மண் தமிழ்நாடு, மைசூர், ஹைதராபாத், மத்தியப் பிரதேசம், ஒரிஸ்ஸா, தென் வங்காளம் ஆகியவற்றில் சுமார் 8,00,000 சதுரமைல் பரப்பில் காணப்படுகிறது. இதில் சுண்ணும்பு (Lime), மக்னீசியம் (Megnesium), ஃபாஸ்ஃபரஸ் (Phosphorous), நைட்ரஜன், மட்கு (Humus) ஆகியவை குறைந்தும் பொட்டாஷ் (Potash) மட்டும் அதிகமாகவும் உள்ளது.

இரண்டாவது வகை நிலைமண் கருமண் எனப்படும். இதில் பருத்தி செழித்து வளருமாகையால் இது பொதுவாகப் பருத்திக் கரு மண் என்று வழங்கப்படுகிறது. இது இரும்பும் மக்னீசியமும் சேர்ந்த கலவையாலான எரிமலைக் குழம்பையும், சாம்பலையும் மூலமாகக் கொண்ட தீக்கல்லிலிருந்து உண்டானதாகும். இது பெரும்பான்மையாகப் பம்பாய், மாளவம், ஹைதராபாத், குஜராத், கத்தியவார், மத்தியப்பிரதேசம், பீரார், முதலிய இடங்களில் காணப்படுகிறது. இம்மண் களிப்பாங்காகவும், மிகுதியான இரும்பு, கால்சியம், மக்னீசியம், அலுமினியம் முதலியவற்றையும், குறைவான ஃபாஸ்ஃபரஸ், நைட்ரஜன் ஆகியவற்றையும் கொண்டது. பொட்டாசியத்தின் அளவு வேறுபடக் கூடியதாகவும், கால்சியம் கார்பனேட்டும், மக்னீசியம் கார்பனேட்டும் நிறைந்தும் காணப்படுகிறது.

மூன்றுவது வகை நிலமண் லேட்டிரைட் (Laterite) எனப்படும் செம்மண்ணுலானது. இது பிளிஸ்டொசீன் (Pleistocene) பிளியொசீன் (Pleiocene) ஆகிய பூகற்ப சகாப்தங்களில் உண்டான பாறைகள், வெப்ப மண்டலத்தின் வெப்பமான ஈரக்காற்றினுல் மாற்றப்பட்டதால் உண்டானதென்று கருதப்படுகிறது. இது இந்தியாவிலும் மற்றும் சில வெப்ப மண்டல நாடுகளிலும் மட்டுமே காணப்படுகிறது. இதில் பெரும்பான்மை நீரெய்திய அலுமினியம் செஸ்குவி ஆக்சைடுகளும் (Hydrated Aluminium sesquioxide), இரும்பும், சிறுபடிகங்களான சிலிகாவும் (Silica) காணப்படுகின்றன. ஃபாஸ்ஃபாரிக் அமிலமும் (Phosphoric acid), டிட்டானியமும் (Titanium) உள்ளன. கால்சிய, மக்னீசிய உப்புகளும் மற்ற கார உப்புகளும் இல்லை. காடித்தன்மையுடைய இதில் மட்கு மிகக் குறைவாக இருப்பதால் இது பொதுவாக வளமற்றதாகும்.

கொணர்மண் வகைகள்: கொணர் மண்ணை அது நகர்ந்து வந்த விதத்தைப் பொருத்துப் பல வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். புவி ஈர்ப்புச் சக்தியின் காரணமாக ஏற்படும் நிலச்சரிவாலும் மண் ஓட்டம் முதலிய காரணங்களாலும் கொணரப்படும் மண் சரிவு மண் (Colluvial Soil) எனப்படும். இது பெரும்பாலும் மலைப்பிரதேசங்களில் காணப்படுகிறது. இதில் பலவாறுன, உருவமும் அளவும் கொண்ட துணுக்குகள் ஒழுங்கான அடுக்குப் படலங்களின்றித் தாறுமாருகக் குழுமியிருக்கின்றன. ஓடும் தண்ணீரால் கொண்டு வரப்படும் மண் வடிமண் (Alluvial Soil) எனப்படும். இது ஒழுங்கான அடுக்குப் படலங்களாக அமைந்தது. மழமழப்பான உருண்டை வடிவத் துணுக்குகளாலானது. தண்ணீர் ஓட்டத்தின் வேகத்தைப் பொருத்து வண்டலானது மணல், களிமண், நுண்மண் ஆகியவற்றின் படலங்கள், வெவ்வேறு அளவில் அமைந்திருக்கலாம். சிந்து, கங்கை நதிகளின் வடிமண்ணுனது சிந்து, ராஜபுதனம், பஞ்சாபின் பெரும்பகுதி, உத்தரப் பிரதேசம், வங்காளம், பீஹார், அஸ்ஸாம் முதலிய இடங்களில் காணப்படுகிறது. இதில் மட்கும் ஈரப் பசையும் மிகுந்திருப்பதால் மிகுந்த வளமுடையதாகும்.

காற்றினுல் அடித்து வரப்படும் மண் பெரும்பாலும் மணலாகும். மணலில் வளரும் **ஸ்பைனிஃபெக்ஸ்**(Spinifex) **ஐப்போமியா** (Ipomoea) முதலிய தாவரங்கள் காற்றில் அடித்துவரப்படும் மண்ணைத் தடுத்து நிறுத்தக்கூடியனவாகும். காற்றினுல் ஏற்படும் மணல் மாரியால் பெரிய நகரங்களும், காடுகளும் நாளடைவில் மூடப்படலாம். தற்போது ராஜபுதனப் பாலைவனம் காற்றினுதவியால் மெதுவாக விரிவடைந்துகொண்டு வருகிறது. கங்கைச் சமவெளியை நோக்கி

அது பரவாமலிருப்பதற்காகச் சுமார் 200 மைல் நீளமும், நான்கு மைல் அகலமுமுள்ள மரச்செறிவு நட்டுப் பராமரிக்கப்படுகிறது.

மலைமண்: இமயமலைத் தொடரில், டெர்ஷியரி (Tertiary) சகாப்தத்திலும் அதற்கு முன்பும் படிந்த மணற்பாறை, களிமண், சுண்ணம்புக்கல், முதலியவற்ருலான அடுக்குப் பாறைகள் உள்ளன. இப்பாறைகளின் அடிப்பாகம் சுண்ணம்புக்கல்லாலும், மேற்பகுதி மணலாலும் களிமண்ணுலும் ஆனது. இமயமலைத் தொடரில் சரிவு குறைவான சாய்வுகளிலும், பள்ளங்களிலும், பள்ளத்தாக்குகளிலும் மலைக்காட்டு மண் காணப்படுகிறது. நீலகிரி மலையிலும், மத்திய இந்தியாவின் மலைத் தொடர்களிலும் வளமிக்க மலைமண் இருக்கிறது.

மண்ணியைபு

மண் துணுக்குகளின் பருமனும் கலப்பும்: மண் துணுக்குகள் பெரியசல்லிகளிலிருந்து, சக்தி வாய்ந்த மைக்கிராஸ்கோப்புகளிலும் புலனாகாத நுண்மைவரை பருமனுடையவைகளாயிருக்கின்றன. 1 மில்லி மீட்டருக்குமேல் குறுக்களவுள்ள துணுக்குகள் சல்லி எனப்படும். 1 மில்லி மீட்டரிலிருந்து 0.05 மி. மீ வரை உள்ளது மணல் (Sand), 0.05 மி.மீ முதல் 0.005 வரை உள்ளது நுண் மணல் (Silt), அதற்கும் குறைவானது களிமண் (Clay). களிமண் துணுக்குகள் மிக நுண்ணியவையாகையால், அது கொல்லாய்டு (Colloid) நிலைப் பொருட்களைப்போன்ற பண்புகளை உடைத்தாயிருக்கிறது. இப்பண்புகளில் முக்கியமானதொன்று ஏராளமான நீர் கவர்திறனுகும்.

மண்ணின் நகநகப்பு மேற்கூறிய பல்வேறு பருமனுடைய துணுக்குகள் அதில் கலந்திருக்கும் விகிதத்தைப் பொருத்ததாகும். இது குறித்து மண்ணை, மணல், வண்டல் மணல், களிவண்டல், களிமண் என்று பலவாருகப் பகுக்கலாம். இவற்றில் முறையே காணப்படும் பல்வேறு துணுக்குகளின் விகிதத்தைப் படத்தில் காணலாம்.

தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்கு மிகச் சிறந்தது வண்டல் மண்ணுகும். ஏனென்ருல் அதில் சில பெரிய துணுக்குகள் நுண் துணுக்குகளோடு கலந்திருக்கின்றன. பெரிய துணுக்குகள் ஒன்ருேடொன்று ஒட்டாமல் தனித்திருக்குமாதலால் அவை மண்ணில் காற்ருேட்டத்தை அதிகரிக்கின்றன. அதே சமயம் நுண் துணுக்குகள் கொல்லாய்டு பொருட்களால் ஒன்ருேடொன்று நெருங்கிப் பிணைந்து அதிகத் தண்ணீரை உறிஞ்சிக்கொள்ளக் கூடியதாகின்றன.

பல்வேறு பருமனுடைய துணுக்குகளின் வெறுங் கூட்டாகமட்டும் மண்ணைக் கருதக்கூடாது. அதன் துணுக்குகளைக் கொல்லாய்டுகள் பலவாருக இணைப்பதால் அது வளப்பமுடையதாகிறது. மணற்பாங்கான மண்ணானது எளிதில் காய்ந்து போகக்கூடியதாகவும், திண்மையில்லாமலும், கரைசல் உப்புகள் மிகக் குறைந்ததாகவும் இருக்கிறது. களிமண்ணோ மிகச் சிக்கலான அமைப்பை உடையது. அது காயும்போது இறுகி மிகக் கெட்டியாகி, வெடிப்புகளேற்பட்டு வேர்கள் சேதமடைகின்றன. களிமண்ணில் தண்ணீர் துரிதமாகப் பரவாதாகையால் தாவரங்கள் தமக்குத் தேவையான தண்ணீரை வேகமாகப் பெற முடியாது. வண்டல் மண் மட்டுமே தாவர வளர்ச்சிக்கு உகந்த அமைப்பைக் கொண்டிருக்கிறது.

மாறிமாறி நனைந்து காய்வதாலும், வெதும்பிக் குளிருவதாலும், உயிர்மட்குச்சேருவதாலும், சுண்ணும்பு கலப்பதாலும், தாவரங்களின் வேர்களாலும் விலங்குகளாலும் துளைக்கப்படுவதாலும் மண்ணானது தாவரங்கள் வளருவதற்கேற்ற நல்ல இயைபைப் பெறுகிறது. மண் புழு, எலிகள், வண்டுகள் முதலிய விலங்குகள் மண்ணின் இறுக்கத்தைக் குறைத்துக் காற்ருேட்ட மேற்படுத்துவதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன.

மண்ணின் மட்கு: மண்ணில் கலந்துள்ள உயிர்த் தாதுக்கள் முழுதும் சேர்ந்து மட்கு எனப்படும். பெரும்பாலும் தாவரங்களின் இறந்த பாகங்களிலிருந்தும், சிறு அளவு விலங்குகளின் கழிவுப் பொருட்களிலும், இறந்த உடலங்களிலுமிருந்தும் மட்குப் பெறப்படுகிறது. இவை மண்ணை அடைந்ததிலிருந்து படிப்படியாக வேதி மாற்றமடைகின்றன. எனவே, மண்ணில் வெவ்வேறு அளவுக்கு மக்கிய நிலையில் வேறுபடும் வேதியமைப்புகளுடையதாய் மட்கு காணப்படுகிறது. பொதுவாக மட்கில் 50%க்குச் சற்று அதிகமான கரியும், 3% முதல் 6% நைட்ரஜனும் உள்ளன. பெரும்பான்மையான தாவரங்களுக்குத் தேவையான உணவுப்புகளுக்கும், குறிப்பாக நைட்ரஜனுக்கும் அடிப்படை மட்கேயாகும். எனவே, கொஞ்சமாவது மட்கை உடைத்தாயிரா மண்ணில் தாவரங்கள் வளரமுடியாது. மணற்பாங்கான மண்ணில் 1%க்குக் குறைவான அளவிலிருந்து, நல்ல மட்கு வண்டலில் 85% அளவு வரை மட்கின் அளவு வேறுபடுகிறது. ஈரப்பசை மிகுந்த வானிலையுடைய இடங்களிலுள்ள மண் பொதுவாக மட்கு நிறைந்து காணப்படுகிறது. அம்மட்கு மண்ணின் மேற்பரப்பில் மட்டும் அதிகமாகப் பரவியிருக்கும். ஆனல், வறண்ட வானிலையுடைய பிரதேசங்களில் மண்ணிலுள்ள மட்கின் அளவு குறைவாகவும், மண்முழுதும் ஒரு சீராகப் பரவியும் இருக்கிறது.

மண்ணுயிர்கள் (Soil Organisms): மண்ணைத் தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்கேற்றதாகச் செய்வதில், மண்வாழுயிர்கள் மிக முக்கிய மான பங்கு வகிக்கின்றன. மண்ணுயிர்களில் முக்கியமானவை பூஞ்சணங்கள், பாக்டீரியங்கள், பாசிகள், புரொட்டொசோவா (Protozoa) முதலிய நுண்ணுயிர்களும், மண்புழு, எலிகள், வண்டு கள், கரையான்கள் முதலிய விலங்குகளுமாகும்.

மட்குடைய எந்த மண்ணிலும் ஏதாவதொரு பூஞ்சணம் இருப் பது நிச்சயம். சுமார் 250 மண்வாழ் பூஞ்சணங்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. ஆனால், அவற்றின் குறிப்பான பணிகள் என்னவென்று இன்னும் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. சில பூஞ்சணங்கள் மட் குண்ணிகளாகச் (Saprophyte) செயலாற்றுகின்றன. மற்றும் சில பூஞ்சணங்கள் தாவரங்களின் வேர்களோடு மைகோரைசா (Mycorrhiza) என்னும் கூட்டிணைவு கொள்ளுகின்றன. பூஞ்சணங் களைவிடப் பாக்டீரியங்களே முக்கியமானவை. பாக்டீரியங்கள் மண்ணில் மிக ஏராளமாகக் காணப்படுகின்றன. ஒரு கிராம் மண் ணில் பத்துலட்சம் பாக்டீரியங்கள்கூட இருக்கலாம். பாக்டீரியங்கள் பலவகைப்படுவனவாகும். நைட்ரஜன் நிலைகூர் பாக்டீரியங்கள் (Nitrogen fixing bacteria), நைட்ரஜன் மாற்றும் பாக்டீரியங்கள் (Nitrifying bacteria), நைட்ரஜன் நீக்கும் பாக்டீரியங்கள் (Denitrifying bacteria), நொதிப்பிக்கும் பாக்டீரியங்கள் (Fermenting bacteria) முதலியன பாக்டீரிய வகைகளில் சிலவாகும். மட்கிலுள்ள சிக்கலான அமைப்பை உடைய வேதிக் கூட்டுப் பொருட்களைக் கார்பன்டைஆக்சைடு, தண்ணீர், அமோனியா, நைட்ரைட் (Nitrite), நைட்ரேட் (Nitrate) முதலிய எளிய பொருட்களாக மாற்றும் பணியைப் பெரும்பாலும் பாக்டீரியங்களே செய்கின்றன. மண்ணில் பாசிகளும் நிறைய இருக்கின்றன. இவற்றில் பெரும்பான் மையானவை பசுநீலப்பாசிகளாகும் (Blue green algae). பாசிகளில் பல பாக்டீரியங்களை உண்டு வாழ்வனவாகும்.

மண்ணைக் கீழ்மேலாகப் புரட்டி, அதில் காற்றோட்டத்தை ஏற் படுத்துவதில் மண்புழுக்கள் ஆற்றும் மகத்தான பணி நன்கு தெரிந் ததே. அதே பணியை வளைதோண்டும் எலி, நண்டு முதலியவை யும், வண்டுகள், கரையான்கள் முதலியவையும் ஓரளவுக்குச் செய் கின்றன.

மண்ணீர் (Soil water): மண்ணினுடைய நீர்கொள் திறனே மற்றெந்த அமிசத்தையும் விடத் தாவரங்களின் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்துவதில் முக்கியமானதாகும். தாவரங்களின் வளர்ச்சி,

அமைப்பு, உருவம் ஆகிய எல்லாவற்றையும் மண்ணீர் பாதிக்கிறது. வாழிடத்தின் பண்டைய பிரிவுகளான முல்லை, மருதம், குறிஞ்சி, நெய்தல், பாலை என்பவைப் பிரதானமாக மண்ணினுடைய நீரளவையே பொருத்ததாகும். நீர்த்தாவரங்கள், வளமைத்தாவரங்கள், வரட்சித் தாவரங்கள் என்று முப்பிரிவுகளாகச் சூழ்நிலையியலில் தாவரங்கள் பிரிக்கப்படுவது மண்ணினுடைய நீரளவையே பொருத்ததாகும்.

மழையே மண்ணீரின் ஆதாரமாகும். ஆனால், மழை நீர் அனைத்தும் மண்ணீராகித் தாவரங்களுக்குக் கிடைப்பதில்லை. மழை நீரில் பெரும்பகுதி மண்ணின் மேற்பரப்பில் வழிந்தோடி விடுகிறது. வழிந்தோடும்நீர் அதனுடன் மண்துணுக்குகளையும் அரித்துச்சென்று மண்ணின் வளத்தையும், கனத்தையும் குறைத்துச் சேதம் விளைக்கிறது. வழிந்தோடியது போக மீதி மழைநீர்தான் மண்ணினுள் ஊறிக் கொள்ளுகிறது. மண்ணில் எவ்வளவு தண்ணீர், ஊறி நிறைய முடியுமோ அவ்வளவு ஊறியவுடன், மிகுதியான தண்ணீர் புவி ஈர்ப்புச் சக்தியால் அடி மண்ணுக்கு வடிந்து சென்று, முடிவில் மண்ணின் அடி நீர் மட்டத்தை அடைகிறது. அடிநீர் மட்டத்தில் இடைவெளியின்றி மண்ணில் நீர் நிறைந்துள்ளது.

நீர் மட்டத்துக்கு மேலே மண்ணில் ஊறி நிற்கும் தண்ணீர் மண்ணின் துணுக்குகளிடையே ஏற்படும் காப்பிலாரிட்டியால் (Capillarity) புவிஈர்ப்புச் சக்தியை எதிர்த்து நிற்பதால் அது காப்பிலரி நீர் எனப்படும். இந்தக் காப்பிலரி நீரே மண்ணின் நீர் கொள்திறனாகும். மண்ணின் நீர் கொள்திறன் அதன் துணுக்குகளுடைய மொத்த வெளிப்பரப்பைப் பொருத்ததாகும். துணுக்குகளின் பருமன் குறையக்குறைய,அவற்றின் வெளிப்பரப்பின் விகிதம் அதிகரிப்பதால், மண்ணின் நீர் கொள் திறனும் அதிகரிக்கிறது.பருமனை துணுக்குகளையுடைய பெருமணலின் கொள் நீர் அதனுடைய வற்றெடையில் 12% மட்டுமேயாகும். ஆனால், நுண்துணுக்குகளையுடைய வண்டலின் கொள் நீர் அதன் வற்றெடையில் 35% வரை இருக்கலாம்.

மண்ணின் காப்பிலரி நீர் முழுதும் தாவரங்களுக்குக் கிடைக்கக் கூடியதல்ல. காற்றிலே முற்றும் உலர்ந்து காய்ந்த மண்ணில் கூட ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு தண்ணீர் இருக்கிறது. இந்த நீர் பசை நீர் (Hygroscopic water) எனப்படும். இதைத் தாவரங்களால் உறிஞ்ச முடியாது. பசைநீரின் அளவும் மண்ணின் துணுக்குகளின் பருமனைப் பொருத்ததாகும். கொள்நீரைப் போலவே பசை நீரின் அளவும்

துணுக்குகளின் பருமன் குறையக்குறைய அதிகரிக்கிறது. எனவே மண்ணின் கொள்நீரில் பசைநீர் கழிந்த மிகுதியே தாவரங்களுக்குக் கிடைக்கக்கூடியதாகும். வற்றெடையில் 12% கொள்நீருடைய பெருமணல் ஒரு சதவீதத்துக்கும் குறைவான பசைநீரையும், 35% கொள்நீரையுடைய வண்டல் 10% பசைநீரையும் உடையனவாகும்.

மழை பெய்யாதபோது மண்ணின் மேற்பரப்பிலிருந்து நீரானது ஆவியாகிக் குறைவதால் அடியிலுள்ள நீர்காப்பிலாரிட்டியால் மேலே இழுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இவ்வாறு காப்பிலாரிட்டியால் எவ்வளவு ஆழத்திலிருந்து தண்ணீர் மேலே இழுக்கப்படக்கூடும் என்பதும் மண்ணின் துணுக்குகளின் பருமனைப் பொருத்ததேயாகும். பருமன் குறையக்குறைய ஆழம் அதிகரிக்கிறது. மண்ணின் தன்மையைப் பொருத்து 30 செ. மீ. முதல் 150 செ. மீ. வரை காப்பிலாரிட்டியால் தண்ணீர் மேலே இழுக்கப்படலாம்.

மண்ணின் காடித்தன்மையும் காரத தன்மையும் (Acidity and Alkalinity of the soil) : தண்ணீரின் மாலிக்யூல்களில் சில எப்போதும் ஹைட்ரஜன் அயனிகளாகவும், ஹைட்ராக்சில் அயனிகளாகவும் குலைந்திருக்கின்றன. ஹைட்ரஜன் அயனிகள் காடித்தன்மையையும், ஹைட்ராக்சில் அயனிகள் காரத்தன்மையையும் உண்டாக்குகின்றன. சுத்தமான தண்ணீரில் இவ்விரு அயனிகளும் சமமான எண்ணிக்கையில் இருப்பதால், அது காரத்தன்மையோ காடித்தன்மையோ இல்லாமல் நடுமையாக இருக்கிறது. மண்ணிலுள்ள நீர்க்கரைசலால் மண்ணுக்குக் காரத்தன்மையோ, காடித்தன்மையோ ஏற்படுகிறது. ஈரமான வானிலையுடைய இடங்களில் தண்ணீரில் எளிதில் கரையும் காரஉப்புகள் – குறிப்பாகக் கால்சியம் கார்பனேட் – கழிவதால் மண் பெரும்பாலும் காடித்தன்மையாக இருக்கிறது. உப்புகள் நிறைந்த மண் பெரும்பாலும் காரத்தன்மையாக இருக்கிறது. பெரும்பான்மையான தாவரங்கள்—குறிப்பாகப் பயிர்த்தாவரங்கள்– நடுமையான அல்லது சற்றுக் காடித்தன்மையான மண்ணில் தான் நன்றாக வளருகின்றன. அதிகக் காடித்தன்மை பெரும்பான்மையான தாவரங்களுக்குக் கெடுதலாவது மல்லாமல், மண்ணுயிர்களின் வளர்ச்சியையும் தடுக்கிறது.

மண் காற்று: மண்ணின் துணுக்குகளுக் கிடையேயுள்ள இடைவெளிகளில் நீர் நிறையாதனவற்றில் காற்று நிறைந்திருக்கிறது. எனவே மண்ணிலுள்ள நீரின் அளவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க அதிலுள்ள காற்றின் அளவு குறைகிறது. நீர்நிறைந்த மண்ணில்,

நீரில் கரைந்த காற்றைத்தவிர வேறு காற்றுக் கிடையாது. இப்படிப் பட்ட மண்ணிலும் சில தாவரங்கள் நன்ருக வளரக்கூடும். அநேக தாவரங்கள் கொள்நீரில் சுமார் 40% முதல் 50% தண்ணீரையும், மீதி இடைவெளிகளில் காற்றையும் உடைய மண்ணில் மிகச் செழித்து வளருகின்றன. இப்படிப்பட்ட மண் அதன் பரிமாணத்தில் சுமார் 20% காற்றுடையதாகும்.

வேர்களும், மண்ணுள் வாழும் உயிர்களும் சுவாசிப்பதற்கு மண் காற்று அவசியமாகும். வேர்களும், நுண்ணியிர்களும் இடைவிடாது சுவாசித்து மண்காற்றிலுள்ள ஆக்சிஜனை எடுத்துக் கொண்டு கார்பன்டை ஆக்சைடை வெளியிடுவதால் மண்காற்றிலுள்ள வாயுக்களின் விகிதம் வெளிக் காற்றின் விகிதத்தினின்றும் சற்று வேறுபட்டிருக்கிறது. சாகுபடி நிலத்தில் மண்காற்றின் ஆக்சிஜன் சற்றுக் குறைந்து பரிமாணத்தில் சுமார் 20.3% ஆகவும், கார்பன்டைஆக்சைடு சற்று அதிகரித்து 0.15% முதல் 0.5% ஆகவும் இருக்கின்றன. மண்ணின் ஆழத்தில் போகப் போக கார்பன்டைஆக்சைடு அதிகரிக்கிறது. ஏனென்ருல் ஆழமாக ஆழமாகக் கார்பன்டைஆக்சைடு வெளிவளிக்குத் தப்பிச் செல்லுவது கடினமாகிறது. மண்ணிலுள்ள ஆக்சிஜன் வெளிவளியிலிருந்தே பெறப்படுவதால் மண்ணின் ஆழத்தில் செல்லச் செல்ல ஆக்சிஜனின் அளவு குறைகிறது. ஆகவே மண் காற்றிலுள்ள கார்பன்டைஆக்சைடு, ஆக்சிஜன் ஆகியவற்றின் அளவு வெவ்வேறு வகைமண்ணிலும் வெவ்வேறு தாவரங்கள் வளருமிடங்களிளிலும் வெவ்வேறு வெப்பம், மழை அளவு உள்ள இடங்களிலும் மிகவும் வேறுபடுகிறது. சில கானகமண்ணில் கோடைகாலத்தில் 11% முதல் 15% வரை கார்பன்டைஆக்சைடு இருப்பதாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

மண்காற்ருனது வேர்களையும், நுண்ணுயிர்களையும் நேரடியாகச் சூழ்ந்தோ, அல்லது அவற்றிலிருந்து மெல்லியநீர்ப் படலத்தாலோ, கொல்லாய்டுகளால் பிரிக்கப்பட்டோ இருக்கலாம். அவ்வாறுள்ள நீர்ப்படலத்தில் ஆக்சிஜன் மிகக்குறைந்தும் கார்பன்டை ஆக்சைடு மிக அதிகமாகவும் இருக்கிறது. இடைவிடாது நிகழும் சுவாசிப்பால் ஆக்சிஜன் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டு கார்பன்டைஆக்சைடு வெளிவிடப்படுவதே இதற்குக் காரணமாகும். கார்பன்டை ஆக்சைடு சில சமயங்களில் 99% கூட இருக்கக்கூடும். நீரில் கரையாத உப்புகளையும் உயிர்த்தாதுக்களையும், கரையக் கூடியவையாக மாற்றும் வேதியக்கிரியைகளுக்கு ஆக்சிஜன் இன்றியமையாததாகும். சாதகமான சூழ்நிலையில் உயிர்த்தாதுக்களின் ஆக்சீகரணம் வெகு துரிதமாக நிகழ்ந்து ஏராளமான ஆக்சிஜன் வேதியக் கூட்டுகளில் சேர்க்கப்படுகிறது.

மண்வெப்பம்: மண்ணில் நிகழும் பௌதிக, வேதிய உயிரியக் கிரியைகளைப் பாதிக்கும் ஒரு முக்கியமான அமிசம் மண்வெப்ப மாகும். மண்ணில் வாழும் நுண்ணுயிர்களின் செயலையும், வேர்கள் தண்ணீரையும் உப்புகளையும் எடுத்துக் கொள்ளும் வேகத்தையும் மண்வெப்பம் கட்டுப்படுத்துகிறது. மற்றும் மண்ணில், புதைந்துள்ள பாகங்களின் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம் மறைமுக மாக வெளிப் பாகங்களின் வளர்ச்சியையும் மண் வெப்பம் பாதிக் கிறது.

மண்வெப்பத்தின் அடிப்படை சூரிய வெப்பமேயாகும். இது தவிர மழையின் வெப்பம், மண்ணில் மக்கும் பொருள்களிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பம் ஆகியவையும் ஓரளவுக்குக் காரணமாகின் றன. மண்ணின் வெப்பம், அதனுடைய நிறம், இயைபு, அதிலுள்ள நீரின் அளவு, மட்கின் அளவு, மேற்பரப்புச் சூரியனைப் பொருத்து எவ்வாறு சரிந்துள்ளது, என்பனவற்றையும் மண்ணில் வளரும் தாவரங்களின் தன்மையையும் பொருத்ததாகும். இவற்றில் மிக முக்கியமானது மண்ணீரேயாகும். ஏனென்றால் மண்ணின்திடப் பொருள்களைவிட நீரானது ஐந்து மடங்கு திண்வெப்பம் (Specific heat) உடையதாகும். ஆகவே கோடைகாலத்தில் ஈரமான மண் காய்ந்த மண்ணைவிடக் குளிர்ந்திருக்கிறது. களிமண் வசந்தகாலத் தில் மணல் அல்லது வண்டல் மண்ணைவிடக் குளிர்ந்திருக்கிறது. கறுப்பு நிறமான மண் வெளிர் நிறமண்ணைவிட அதிகமான சூரியக் கதிர்களை ஏற்றுக் கொள்ளுவதால் அதிக வெப்பமாக இருக்கிறது. சூரியனுக்கு நேராகச் சரிந்திருக்கும் வெளிப்பரப்பை உடைய மண், எதிராகச் சரிந்த மண்ணைவிடச் சீக்கிரம் வெப்பமடைகிறது.

சாதகமான மண்வெப்ப மிருப்பின் விதைகள் வேகமாக முளைத்து நன்றாக நிலைப்படுகின்றன. ஆனால், வெவ்வேறு தாவரங் களின் விதைகள் முளைப்பதற்கு வெவ்வேறு வெப்பங்கள் தேவைப் படுகின்றன. கோதுமை 84° F இல் மிக நன்றாக முளைக்கிறது. அது முளைக்கக்கூடிய அதிகபட்ச வெப்பம் 108°F ஆகும். மக்காச்சோளம் முளைக்க மிகவும் சாதகமான வெப்பம் 90°F ஆனாலும் அது 115°F வரை முளைக்கக்கூடும். விதை முளைப்பது மட்டுமல்லாமல், முளைத்த பிறகு நாற்றின் வளர்ச்சியும் மண் வெப்பத்தால் மிகவும் பாதிக்கப் படுகிறது.

அநேக வேதிய மாற்றங்களும் அத்தியாவசிய உயிரிய மாற்றங் களும் பாதகமான வெப்பத்தால் வேகங் குறைந்தோ அல்லது நின்றோ போகின்றன. பெரும்பான்மையான மண் பாக்டீரியங்கள் 45°E முதல் 50°F வெப்பத்துக்கு மேல்தான் சுறுசுறுப்படைகின்றன.

65°F முதல் 70°F வெப்பம் வேர்கள் நன்றாக வளருவதற்கு ஏதுவாத லன்றி, இறந்த உயிர்ப் பொருள்கள் மக்கி அமோனியா நைட்ரைட்டு, நைட்ரேட்டு முதலியன உண்டாவதையும் ஊக்குவிக்கிறது. காற்றின் நைட்ரஜன் இணைக்கப்படுவது குறித்து நடத்தப்பட்ட ஒரு சோதனையிலிருந்த 40,94,111°F ஆகிய வெப்பங்களில் ஒரு ஏக்கரில் முறையே 4,47,11பவுண்டு நைட்ரேட்டுகள் உற்பத்தியான தாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

வெப்பப் பிரதேசங்களில் நிலவும் வெப்ப மிகுதியால் பாறைகள் பொடியாகி நீரில் கரைவதும், மற்ற மண்வேதிய மாற்றங்களும் துரிதமாக நிகழுகின்றன.

வானிலை அமிசங்கள்

ஓர் இடத்தின் வானிலை அவ்விடத்தில் நிலவும் பல்வேறு அமிசங்களின் தன்மைகளாலும், கூட்டுச் செயலாலும் உருவாகிறது. தாவரங்களின் வளர்ச்சியையும், விரவையும் பாதிக்கும் முக்கிய வானிலை அமிசங்கள் மழை, வெப்பம், ஒளி, காற்று வீச்சு முதலியவையாகும்.

ஒரு பிரதேசத்தின் வானிலையை அடக்கியாளும் முக்கியமான அமிசம் அங்குப் பெறப்படும் சூரியக்கதிரின் சக்தியேயாகும். சூரியனுடைய வெப்பம் சுமார் 10,00°F எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. சூரியனிலிருந்து வெளிப்படும் சக்தியானது வேறுபடும் வீரியமுள்ள அலைத் தொகுதிகளாகப் பூமியை வந்தடைகின்றன. இவற்றில் நமது கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளிக்கதிர்களும், புலனாகாத வெப்பக் கதிர்கள் அதியூதாக் கதிர்கள் (Ult a violet Rays) முதலியவைகளும் அடங்கியுள்ளன. பூமியின் ஓர் இடத்தில் வந்தடையும் சூரியசக்தியின் அளவு அவ்விடத்தின் நீள்ரேகை (Longitude, தளம் (மண் அல்லது நீர்) காற்று வீச்சு, கடல்மட்ட உயரம், காற்றமுக்கம், கடல் நீரோட்டம், புயல் முதலிய பல்வேறு அமிசங்களைப் பொருத்து வேறுபடக்கூடியதாகும். மேற்கூறிய அமிசங்கள் வெப்பம், மழை அளவு, காற்றீரம், காற்றோட்டம் ஆகியவற்றைப் பாதித்துப் பலவாறான வானிலைகளை உருவாக்குகின்றன.

வெப்பம் : குளிர்ரத்த விலங்குகளைப் போலத் தாவரங்களின் உடல் வெப்பமும், வெளிவெப்பத்தைச் சார்ந்தே அமையுமன்றி, மாறுபடாமல் ஒரே நிலையிலிராது. அதாவது வெளிவெப்பம் குறைந்தால் உடல் வெப்பமும் அதற்கேற்ப குறையும்; அதிகரித்தால் அதி

கரிக்கும், உயிரியச் செயல்கள் யாவும் வெப்ப நிலையினால் வெகுவாகக் கட்டுப்படுத்தப் படுவதால், வெளிவெப்பம் தாவரங்களை மிகவும் பாதிக்கிறது. ஒவ்வொரு தாவரத்துக்கும் பொதுவாக அதன் வாழ்க்கைக்கு மிகவும் சாதகமான ஒரு பிரத்தியேக இயைபு (Optimum) வெப்ப நிலையும், செயலிழந்து போகச் செய்யக்கூடிய அதிகபட்ச குறைந்தபட்ச வெப்ப நிலைகளும் உள்ளன. துருவ மண்டலங்களில் வாழும் சில பாசிகள் 0°Cக்குக் கீழான வெப்பத்திலும் வாழக்கூடியனவாக உள்ளன. ஆனால், குளிர் மண்டலத்தில் வாழும் தாவரங்கள் பல 0°C அல்லது 2°C முதல் 4°C வெப்பத்தில் விரைவில் இறந்து விடுகின்றன. சில ஈஸ்ட் (Yeast) இனங்கள் அவற்றின் உறக்க நிலையில் 114°C வெப்பத்தைக்கூட ஊறின்றித் தாங்கிக் கொள்ளுகின்றன. அதேபோல் தாவரங்களின் காய்ந்த விதைகள், 100°Cக்கு மேலும் 0°Cக்குக் கீழும் வெப்பத்தைத் தாங்கிக்கொள்ளக் கூடியனவாகும்.

ஒரு தாவரம் அது இயற்கையாக வாழும் இடத்தில் செழித்து வளரும் வெப்பமே அதற்கு மிகவும் சாதகமான இயைபு வெப்பமாகும். ஒரு தாவரத்தில் நிகழும் பல்வேறு உயிரியச் செயல்கள் ஒவ்வொன்றுக்கும் பிரத்தியேகமான ஒரு நடுமை வெப்பம் உள்ளது. இந்நடுமை வெப்பங்கள் பெரும்பாலும் ஒன்றுக்கொன்று வேறுபடுவனவாக உள்ளன. இவை எல்லாம் கலந்தே தாவரத்தின் பொது இயைபு வெப்பத்துக்குக் காரணமாகின்றன. இயைபு வெப்பம் தாவரத்துக்குத் தாவரம் வேறுபடுவதல்லாமல் ஒரே தாவரத்தின் வெவ்வேறு வயதிலும், ஆண்டின் வெவ்வேறு பருவங்களிலும், ஒரே நாளின் வெவ்வேறு நேரங்களிலும் வேறுபடக் கூடியதாகும். உதாரணமாகப் பட்டாணி நாற்றின் ஹைபோகாட்டில் (Hypocotyl) வளர்ச்சிக்கும் வெப்பத்துக்கும் உள்ள விகிதம் வருமாறு

வெப்பம் °C	ஒரு நாள் வளர்ச்சி மி. மீ.
14.1	5
18.0	8
23.5	30
26.6	54
28.5	40
33.5	23
36.5	9

இதிலிருந்து பட்டாணி நாற்றின் வளர்ச்சிக்குச் சாதகமான இயைபு வெப்பம் 26.6°C என்றே கூறலாம்.

சில மர வகைகள் மிகுந்த வேறுபாடுடைய வெப்பங்களில் வாழக்கூடியவை. ஆனால், மற்றச் சில தாவரங்கள், குறிப்பாகச் சில பாசிகள், சொற்ப வெப்ப வேறுபாட்டில் மட்டுமே செயல்படக்கூடியவையாயுள்ளன.

ஓர் இடத்தின் வெப்பம் அந்த இடத்தின் குறுக்கு ரேகை (Latitude), கடல் மட்ட உயரம், சரிவு, மேகமூட்டம், காற்று வீச்சு, மண்ணீரளவு ஆகியவற்றைப் பொருத்ததாகும். சூரியக் கதிர்கள் நிலநடுக்கோட்டுப் (Equator) பிரதேசங்களைவிட அதிலிருந்து தள்ளியிருக்கும் குறுக்குக் கோட்டுப் பிரதேசங்களில் சாய்வாக விழுவதால் முன்னையதைவிடப் பின்னையவை குறைவான வெப்பமெய்துகின்றன. உயரமான மலைகள் சமவெளிகளைவிட அதிகமான சூரியக் கதிர்களைப் பெற்றாலும், மலைகளிலிருந்து ரேடியேஷனால் (Radiation) அதிக வெப்பம் வெளிச் சென்று விடுவதால், எப்போதுமே சமவெளிகளைவிட மலைப் பிரதேசங்கள் குளிர்ச்சியாக இருக்கின்றன. மலைகளில் ரேடியேஷனால் அதிக வெப்பம் வெளிச் செல்லக் காரணம், அங்குள்ள அடர்த்திக் குறைவான காற்று அதிகவெப்பம் ஊடுருவிச் செல்ல அனுமதிப்பதாகும். ஆனால், மலை மண்ணின் மேற்பரப்பின் வெப்பம் பெரும்பாலும் சமவெளி மண்ணின் வெப்பத்தைவிட அதிகமாகவே இருக்கிறது.

மேகங்கள் குறிப்பிடத் தக்க அளவு சூரியக் கதிர்களைக் கவரவும், பிரதிபலிக்கவும் செய்கின்றன. இரவில் நிலத்திலிருந்து ரேடியேஷனால் வெப்பம் வெளிச் செல்லுவதை மேகங்கள் தடுப்பதால் மண்ணினுடைய வெளிப் பரப்பின் வெப்பமும் அதைத் தொட்டிருக்கும் காற்றின் வெப்பமும் ஒரு சிறிதே குறைகிறது. தாவரப் போர்வையும் மேகங்கள் செய்யும் அதே பணியைச் செய்கிறது. குளிர்ந்த பிரதேசத்திலிருந்து வெப்பமான பிரதேசத்துக்குக் காற்று வீசினால் பின்னையது குளிர்கிறது. இதற்கு எதிரான காற்று வீச்சினால் குளிர்ந்த பிரதேசம் வெப்பமடைகிறது. ஈரமான மண் வறண்ட மண்ணைவிட மெதுவாகவே வெப்பமதிகரிக்கவும் குறையவும் செய்கிறது.

பூமியில் தாவரங்களின் விரவு வெப்பத்தால் ஓரளவுக்குக் கட்டுப்படுத்தப் படுகிறது. நில நடுக் கோட்டிலிருந்து துருவங்களை நோக்கிச் செல்லச் செல்ல படிப்படியாக வெப்பம் குறைவதற் கேற்றபடி, வேறுபட்ட தன்மையுடைய தாவரச் செறிவுகள் (Vegetations) நில நடுக் கோட்டுக்குக் கிடையாகப் பூமியைச் சுற்றி விரவிக் காணப்படுகின்றன. இத் தாவரப் பொழில்களின் தாவரணி (Flora) வெப்பத்தைப் பொருத்தே அமைகிறது. தாவரச் செறிவு என்பது காடு, புல்

வெளி, முட்புதர் முதலிய தாவரக் கூட்டுகளாகும். தாவரணி என்பது ஓரிடத்தில் வாழும் தாவர இனப் பட்டியலாகும். உதாரணமாக, வெப்ப மண்டலத்தில் ஆண்டு முழுதும் ஒழுங்காக நல்ல மழை பெய்யும் பிரதேசங்களிலெல்லாம் அடர்ந்த காடுகள் ஏற்படுகின்றன. ஆனல், அக்காடுகளிலெல்லாம் ஒரே தாவரணி இருப்பதில்லை. பிரதேசத்தின் வெப்பத்தைப் பொருத்துத் தாவரணிகள் வேறுபடுகின்றன. தாவரப் பூகோளிகரான (Phytogeographer) ஷிம்பர் (Schimper) என்பவர் உலக முழுதுமுள்ள தாவரப் பொழிலைப் பற்றி ஆராய்ந்து தாவரப் பொழில்களின் விரவு, அவற்றின் தாவரணி ஆகியவற்றை அடக்கியாளும் சில விதிகளை அனுமானித்துள்ளார். அவருடைய முதல் விதியின்படி, ஓரிடத்தில் காணப்படும் தாவரணி அவ்விடத்தில் நிலவும் மற்ற அமிசங்களைவிட வெப்பத்தினல் தான் பிரதானமாக நிர்ணயிக்கப்படுகிறது என்பதாம். இதன்படி, வெப்பம் மிகுந்த வானிலையில் வாழும் தாவரம் குளிரான வானிலையிலும், குளிரான வானிலையில் வாழும் தாவரம் வெப்பம் மிகுந்த வானிலையிலும் வாழ முடியா தென்ருகிறது. பயிர்த்தாவரங்களும் இவ்விதிக்கு விலக்கல்லவாகையால், எல்லாப் பயிர்களையும் எல்லா இடங்களிலும் சாகுபடி செய்யமுடியாது. உதாரணமாகத் தமிழ் நாட்டில் கோதுமையையும், பஞ்சாபில் தென்னையையும் இயற்கையாகப் பயிர் செய்ய முடியாது.

வெளிச்சம்: இயற்கை வெளிச்சத்தின் ஆதாரம் சூரியனுகும். ஓர் இடத்தில் பெறப்படும் வெளிச்சம், அந்த இடத்தின் குறுக்கு ரேகையையும், பகல் நேரத்தின் அளவையும் பொருத்ததாகும். நிலநடுக் கோட்டில் பகல் நேரம் எப்போதும் 12 மணியாக இருக்கிறது. ஆனல், துருவங்களை நோக்கிச் செல்லச் செல்ல பருவங்களைப் பொருத்துப் பகல் நேரம் அதிகரிக்கவோ குறையவோ செய்கிறது. வானிலை, மேக மூட்டம் ஆகியவையும் வெளிச்சத்தினளவை வெகுவாகப் பாதிக்கின்றன.

கண்ணுக்குப் புலனுகும் ஒளியலைத் தொகுதிகளில் நீளமிக்க அலைகளாகிய சிவப்புக் கதிர்க் கற்றை மட்டுமே தாவரங்களால் ஒளிச் சேர்க்கைக்குப் பெருமளவு பயன்படுத்தப்படுகின்றன. குறுகிய அலை நீளக் கற்றைகளான ஊதா, அதி ஊதா முதலியவை தழை வளர்ச்சியைக் குறைப்பதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன. நீளமான அலைக்கற்றைகளை விடக், குறுகிய அலைக்கற்றைகள் வளி வெளியால் அதிகமாக உறிஞ்சிக் கொள்ளப்படுகின்றன.

பல விதைத்தாவரங்கள் பூப்பது பகல் நேரத்தின் அளவைப் பொருத்ததாக இருக்கிறது. நீண்ட பகல் நேரங்கள்(12முதல் 14மணி

வரை) இருந்தாலன்றிச் சில தாவரங்கள் பூப்பதில்லை. இவை நீள் பகற் தாவரங்கள் (Long day plants) எனப்படும். மற்றும் சில தாவரங்கள், பகல் நேரங்கள் குறுகி (8 முதல் 6 மணிகள்) இருந்தாலன்றிப் பூப்பதில்லை. இவை குறும்பகற் தாவரங்கள் (Short day plants) எனப்படும். ஆனால், பெரும்பான்மையான தாவரங்கள் பகல் நேரத்தின் அளவை அனுசரியாமலே பூக்கின்றன. இவை பகல் மதியாத் தாவரங்கள் (Day neutral plants) எனப்படும். பொதுவாக ஒரு தாவரம் பூப்பதற்கு ஏதுவான பகல் நேர அளவுக்கு எதிரான பகல் நேர அளவு தழை வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கிறது.

சில தாவரங்கள் மற்றத் தாவரங்களின் நிழலில் வளரக் கூடியனவாக உள்ளன. இவை நிழல் சகிப்பன (Tolerant) என்றும், அவ்வாறு நிழலில் வளரக் கூடாதன, நிழல் சகிக்காதன (Intolerant) என்றும் கூறப்படுகின்றன. நிழல் சகிப்பானது அடர்ந்த அடவியில் வளரும் தாவரங்களுக்கு முக்கியமாகும். எந்தத் தாவரத்தின் விதையும் அடவியின் நிழல் கவிந்த தளத்தில் முளைக்கக் கூடுமென்றாலும், நிழல் சகிக்கும் தாவரங்கள் மட்டுமே தொடர்ந்து நாற்றாக வளர்ந்து நிலையூன்றக் கூடும். இக்காரணத்தால் அடவியில் வளருந் தாவரங்களில் பெரும்பான்மையானவை நிழல் சகிப்பனவாகவே உள்ளன.

தமக்குத் தேவையான வெளிச்சத்தைப் பெறுவதற் கேதுவாகப் பலவித அமைப்புகளைத் தாவரங்கள் பெற்றுள்ளன. அநேகத் தாவரங்களின் இலைகள் ஒன்றையொன்று மறைக்காதபடி அமைந்துள்ளன. அநேக மரங்களில், அடியிலிருந்து நுனிக்குச் செல்லச் செல்ல கிளைகளின் நீளம் படிப்படியாகக் குறைகிறது. பெரும்பாலும் கிளைகளின் நுனிகளில் மட்டுமே இலைகளிருப்பதால், மேலுள்ள இலைகள் கீழுள்ள இலைகளை மறைக்காமலிருக்க இவ்வமைப்பு ஏற்றதாகிறது.

தாவரங்களின் வாழ்க்கைக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வெளிச்சம் இன்றியமையாத தெனினும், அதிக வெளிச்சம் அவற்றின் பச்சையத்துக்குக் கேடு விளைவிக்கக்கூடும். அநேகத் தாவரங்கள் வெளிச்சத்தின் பிரகாசம் மிக அதிகரிக்கும் போது தமது பசுணிகளை (Chloroplast) இலைத்தளத்துக்குச் செங்குத்தாக உள்ள செல் சுவற்றை யொட்டினாற் போல் பாதுகாப்பாக நகர்த்திக் கொள்ளுகின்றன. ஆனால், மங்கலான வெளிச்சத்தில் பசுணிகள் இலைத்தளத்துக்குக் கிடையாகத் தளத்தைச் சார்ந்துள்ள செல் சுவற்றை யொட்டினாற் போல் அதிக பட்ச வெளிச்சத்தைப் பெறும்படியாக நகர்ந்து கொள்ளுகின்றன. சில தாவரங்களில் வெளிச்சத்தின் பிரகாசத்துக் கேற்றவாறு இலைகளே செங்குத்தாகவும், கிடைமட்டமாகவும் சாய்ந்து கொள்ளுகின்றன.

தாவரங்கள் அவற்றின் மேல் இயற்கையாக விழும் ஒளியில் சிறு பகுதியை மட்டுமே ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் பயன்படுத்துகின்றன. அநேகத் தாவரங்கள் இயற்கையாக அவற்றிற்குக் கிடைக்கும் ஒளியில் 1% ஒளியிலேயே நன்ருக வளரக் கூடியனவாகும். ஒவ்வொரு தாவரத்துக்கும் ஒரு அதிக பட்ச, குறைந்த பட்ச, நடுமை ஒளிப் பிரகாசங்கள் உள்ளது. பொதுவாகப் பிரகாசக் குறைவான ஒளி தழை வளர்ச்சிக்குச் சாதகமாக உள்ளது. அதிக அகலமான இலைகளும் மிகப் பருமனை தண்டுகளும் நிழல் பாங்கான இடங்களில் தான் உண்டாகின்றன. உருளைக்கிழங்கு, பீட்ருட், காரட், டர்னிப் முதலிய உடலப் பயிர்கள் (Vegetative Crops) அநேக நாட்கள் மேகஞ் சூழ்ந்து நிழல் கவிழ்ந்திருக்கும் இடங்களில்தான் செழிப்பாக வளருகின்றன. தழைப்பயிரான தேயிலை உயர்ந்த மரங்களிடையே மாற்று வரிசைகளில் நடப்படுகின்றன. மரங்களின் நிழல் அவற்றின் கீழ் வளரும் தேயிலைச் செடிகளின் இலைகளை அகலமானவையாகவும், தரமுள்ளனவையாகவும் செய்கின்றன.

வெளிச்சம் தாவரங்களைப் பல வழிகளில் பாதிக்கிறது. பச்சையமும் மற்ற நிறமிகளும் ஒளியினுதவியால் கார்போ ஹைட்ரேட்டுகளை உற்பத்தி செய்கின்றன. ஸ்டோமாக்கள் மூடுவதும் திறப்பதும் வெளிச்சத்தால் கட்டுப்படுத்தப்படுவதால், நீராவிப் போக்கின் (Transpiration) வேகத்தை வெளிச்சம் பெருமளவுக்குக் கட்டுப்படுத்துகிறது. மீசோபில் திசுவின் செல்களிலிருக்கும் பசுணிகளின் எண்ணிக்கையையும் இடத்தையும் வெளிச்சம் பாதிக்கிறது. வெளிச்சத்தின் தூண்டுதலால் தாவரங்களில் ஒளிசாரசைவுகள் நிகழுகின்றன. இலைகளில் பாலிசேட் திசு உண்டாவது, உணவு சேமிக்கும் அவயவங்கள், வேர்கள் ஆகியவை வளருவது முதலியவை ஒளியின் கட்டுப்பாட்டில் நிகழுகின்றன. ஆகவே ஒளியானது தாவரங்களின் வளர்ச்சியமிசங்கள் அனைத்தையும், தாவரங்களின் அமைப்பு, உருவம் ஆகியவற்றையும் பாதிக்கக் கூடியது என்று சொல்லலாம்.

காற்றீரம், காற்றுவீச்சு, ஆவியாதல்: காற்றில் ஆவியாகப் பரவியிருக்கும் தண்ணீரே காற்றீரமாகும். காற்றில் இருக்கும் தண்ணீரின் மொத்த அளவு மொத்தக் காற்றீரம் (Absolute Humidity) ஆகும். இது ஒரு கன அடிக்கு அல்லது ஒரு கன மீட்டருக்கு இவ்வளவு என்று குறிப்பிடப்படும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு காற்றை முற்று நிரப்ப எவ்வளவு ஈரம் தேவையோ அதில் எத்தனை சதவீதம் அதே அளவு காற்றில் அடங்கியுள்ளது என்பது ஒப்புக் காற்றீரம் (Relative Humidity) எனப்படும்.

வெப்பநிலை, காற்று வீச்சு, கடல்மட்ட உயரம், மேகமூட்டம், மேல் மூடல், மண்ணின் ஈரம் முதலியவை காற்றீரத்தைப் பாதிக்கின்றன. வெப்பநிலை உயர உயர காற்றின் ஈரமேற்கும் சக்தி அதிகரிப்பதால் ஒப்புக் காற்றீரம் குறைகிறது. வறண்டகாற்று வீசுவதால் தாவரங்களைச் சூழ்ந்திருக்கும் ஈரப்பசை மிகுந்த காற்று ஈரக் குறைவான காற்ருேடு கலக்குமாறு அடித்துச் செல்லப்படுகிறது.

காற்றீரமானது தாவரங்களின் நீராவிப் போக்கினை நேரடியாகக் கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம், தாவர வளர்ச்சியைப் பாதிக்கக் கூடியதாகும். ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஒரு தாவரம் வாழ முடியுமா என்பதை நிர்ணயிக்கும் பிரதான அமிசம் அவ்விடத்தில் அது இழக்கும் தண்ணீரின் அளவேயாகும். ஒப்புக்காற்றீரம் குறையக் குறைய, இலைகளிலிருந்தும், மண்ணிலிருந்தும் நீராவியைக் காற்று எடுத்துக் கொள்ளும் வேகம் அதிகரிக்கிறது.

காற்றீரம் மாறுவதோடல்லாமல் காற்று வீச்சினல் தாவரங்கள் உரசி அலைக்கழிக்கவும் படுகின்றன. மண்ணின் மேற்பரப்பிலுள்ள மேடு பள்ளங்களும் தாவரச் செறிவும், காற்று வீசுவதற்குத் தடுப்புண்டாக்கிக் காற்றின் வேகத்தைக் குறைக்கின்றன. ஆகவே உயரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க காற்று வீச்சின் வேகம் அதிகரிக்கிறது. உயர்ந்த மலைகளிலும். வேகமாகக் காற்று வீசும் இடங்களிலும், அதிகரித்த நீரிழப்பின் காரணமாகத் தாவரங்கள் வளர்ச்சி குறுகிக் காணப்படுகின்றன. அதுவுமன்றிக் காற்றலைப்பினுல், தாவரங்கள் ஒழுங்கின்றிக் கிளைத்தும், கூனலுற்றும் வளருகின்றன. காற்றலைப்புக்கு அதிகம் ஆளாகாத சிறு செடிகள் கூடக் காற்று வேகமாக வீசும் இடங்களில், ஒரு பக்கமாக வளருவது, நிலத்தில் கிடையாக வளருவது, குடும்புகளாக இருப்பது, பள்ளங்களில் மட்டும் வளருவது முதலிய தன்மைகளைப் பெறுகின்றன. வெப்பமான, வறண்ட காற்று தாவரச் செறிவுகளுக்கு மிகுந்த சேதம் விளைவிக்கிறது. மலர்களுக்கு ஊறு விளைவிக்கவும், இளமையிலேயே முதிர்ச்சியடையவும் செய்கின்றன. ஆனல், ஈரக்காற்று இதற்கு எதிரான விளைவுகளை உண்டாக்குவதால், பாலைவனங்களில் கூட ஈரக் காற்று வீசுமிடங்களில் வள நிலைத் தாவரங்கள் வளர ஏதுவாகிறது.

காற்றின் வேகத்தைக் காற்றுத் தடுப்புகள், சாரிநடவு முதலியவை மூலம் குறைக்கலாம். சாரிநடவு என்பது சோளம், கோதுமை, மக்காச்சோளம் முதலிய பயிர்களையும் மற்றத் தாவரங்களையும், காற்று வீசும் திசைக்குக் குறுக்காக நீண்ட வரிசைகளில் வரிசைக்கு வரிசை சம இடைவெளி விட்டு நடுவதாகும்.

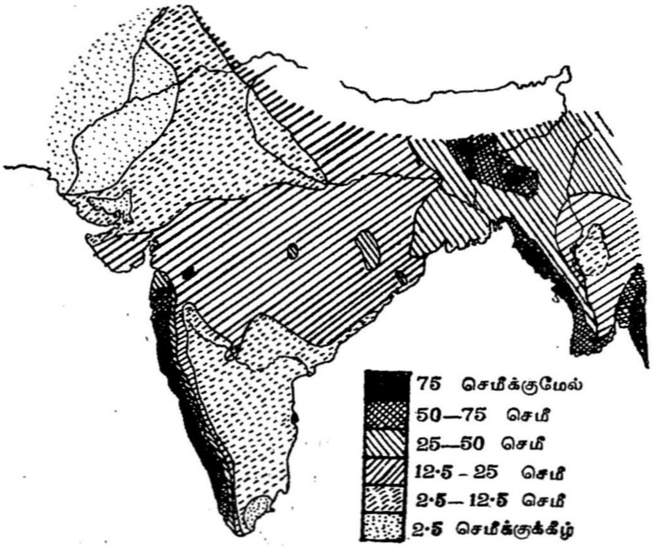
மண்ணிலுள்ள தண்ணீரின் அளவே தாவரங்களின் வளர்ச்சியைப் பாதிக்கும் பிரதான அமிசம் என்று முன்பே சொல்லப்பட்டது. மண்ணிலிருந்து இடைவிடாது தண்ணீர் வெளிவளிக்கு ஆவியாகிச் செல்லுகிறது. அவ்வாறு ஆவியாவதால் நிலத்திலுள்ள நீர் குறைவதோடு, நீராவிப் போக்கின் வேகமும் பாதிக்கப்படுகிறது. ஆண்டுக்கு 75 செ.மீ. ஐ விடக் குறைவான மழை பெய்யும் பிரதேசங்களில் மழையினுல் ஏற்படும் பயன் அங்குத் தண்ணீர் ஆவியாகும் வேகத்தால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. ஒரு பிரதேசத்தில் பெய்யும் மழையின் அளவைவிட, மழைக்கும் ஆவியாதலுக்கும் உள்ள விகிதமே தாவரங்களின் வளர்ச்சியோடு அதிகத் தொடர்புடைய அமிசமாகும். ஒரு பிரதேசத்தில் பெய்யும் மழையின் அளவைக் கணக்கிடுவது போலவே, அங்குத் தண்ணீர் ஆவியாகும் வேகத்தையும் கணக்கிட்டு இவ்விரண்டிற்கும் உள்ள விகிதத்திலிருந்தே அப்பிரதேசத்தில் தாவரங்களுக்கும் தண்ணீருக்கும் உள்ள தொடர்பை நிர்ணயிக்க வேண்டும். தண்ணீர் ஆவியாகும் வேகம் காற்றீரம், சூரிய ஒளி, வெப்பம், காற்று வீச்சு ஆகிய அமிசங்களின் கூட்டு விளைவாகும். தாவரங்களிலிருந்து டிரான்ஸ்பிரேஷன் மூலம் நீராவி வெளிப்போதலானது, நீர் கசியும் ஒரு பாத்திரத்தின் வெளிப்புறமிருந்து தண்ணீர் ஆவியாவதைப் பெருமளவுக்கு ஒத்திருக்கிறது.

இந்திய வானிலை

இந்தியாவின் பெரும் பகுதி, குறிப்பாகத் தென் இந்தியா வெப்ப வேறுபாடு அதிகமில்லாத வெப்ப மண்டல வானிலையை உடையதாகும். எனவே, தாவர வளர்ச்சியைப் பாதிக்கும் அமிசங்களில் இந்தியாவைப் பொறுத்தவரை வெப்பநிலை முக்கியத்துவமில்லாத தொன்ருகும். மழையளவும், மண்ணீரளவுமே, தாவர வளர்ச்சியையும், தாவர விரவையும் கட்டுப்படுத்தும் முக்கிய அமிசங்களாகும்.

இந்தியாவில் பருவக்காற்றைப் பொருத்தே மழை பெய்வதால் வானிலையானது மிகுந்த பருவ வேறுபாடுகளைக் கொண்டதாக உள்ளது. இப் பருவ வானிலை வேறுபாடுகளைப் பொருத்தே இந்தியாவின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் வளருந் தாவரங்களும் அவற்றின் வாழ்க்கையும் அமைந்துள்ளன. எனவே, இந்தியாவின் தாவர விரவைப் பற்றி அறிந்து கொள்ளுவதற்கு இந்தியாவின் வானிலையைப் பற்றிய அறிவு மிக முக்கியமாகும்.

இந்திய வானிலையை வட கிழக்குப் பருவக் காற்றுப் பருவம், தென்கிழக்குப் பருவக் காற்றுப் பருவம் என இரண்டாகப் பிரிக்கலாம். இவை ஒவ்வொன்றிலும் இரண்டிரண்டாக மொத்தம் நான்கு



படம் 3. ஜுன் மாதத்தில் இந்திய மழையளவு.

முக்கிய பருவங்கள் இந்தியாவில் உள்ளதென வானிலை ஆராய்ச்சியாளர்களால் ஒப்புக்கொள்ளப்படுகிறது. இந் நான்கும் கீழ்வருவன வாகும்.

1. குளிர் காலப்பருவம் — ஜனவரி முதல் பிப்ரவரி வரை

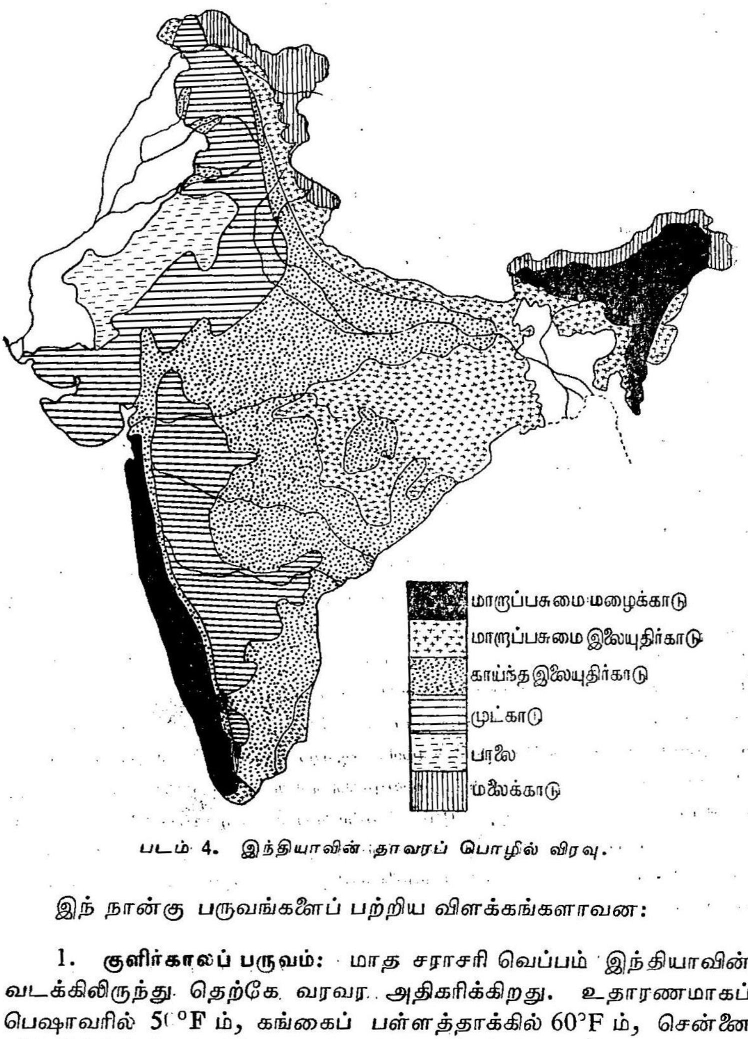
2. வெப்ப காலப்பருவம் – மார்ச்சு முதல் நடு ஜுன் வரை

இவ்விரண்டும் வடகிழக்குப் பருவக் காற்றுப் பருவத்தில் அடங்குவனவாகும்.

3. மழை காலப் பருவம் — நடு ஜுன் முதல் நடு செப்டம்பர் வரை

4. பருவக்காற்று பின்னடையும் காலம் — நடு செப்டம்பர் முதல் டிசம்பர் வரை

இவ்விரண்டும் தென் கிழக்குப் பருவக்காற்றுப் பருவத்தில் அடங்குவனவாகும்.



படம் 4. இந்தியாவின் தாவரப் பொழில் விரவு.

இந் நான்கு பருவங்களைப் பற்றிய விளக்கங்களாவன:

1. **குளிர்காலப் பருவம்:** மாத சராசரி வெப்பம் இந்தியாவின் வடக்கிலிருந்து தெற்கே வரவர அதிகரிக்கிறது. உதாரணமாகப் பெஷாவரில் 50°F ம், கங்கைப் பள்ளத்தாக்கில் 60°F ம், சென்னையில் 75°F ம் வெப்பநிலையாகும். இப் பருவத்தில் வீசும் குளிர்காற்று நாட்டின் பெரும்பகுதியைக் குளிரச் செய்கிறது. தமிழ் நாட்டின் கிழக்குக் கடற்கரையிலும், கேரளத்தின் வடமேற்குக் கடற்கரையிலும், கொஞ்சம் மழையைத் தருவதைத் தவிர மற்றபடி இக்காற்று வறண்ட காற்றாகவே உள்ளது. மத்தியதரைக் கடல் பிரதேசத்தில் உருவாகிப் பாரசீகம், பலுச்சிஸ்தானம், ஆப்கானிஸ்தானம் முதலிய

நாடுகளின் வழியாக வந்தடையும் புயற்காற்றுகளினால் வடபஞ்சாப் சமவெளியில் மழை பெய்கிறது. வடஇந்தியாவிலுள்ள பள்ளத் தாக்குகளும், சமவெளிகளும் உறைபனியால் அவதியுறுகின்றன. அங்குள்ள அநேக மரங்கள் இலைகளை இழக்கின்றன. நிலமட்டத் தாவரங்களும் வளர்ச்சி குன்றுகின்றன.

2. **வெப்பகாலப் பருவம்:** நாடு முழுதும், ஏப்ரல், மே மாதங் களே மிகு வெப்பமுடையவைகளாகும். வெப்பநிலை 100° Fக்கு மேல் உயருகிறது. நாட்டின் தெற்கு, தென் கிழக்குப் பகுதிகளில், தென் கடலிலிருந்து வீசும் காற்றுகளினால் பருவ ஆரம்பத்தில் கொஞ்சம் மழை பெய்கிறது. வறண்ட பகுதிகளில் சுழல் காற்றுகளும், புயற் காற்றுகளும் ஏற்படலாம். எல்லாத் தாவரங்களும் வறட்சியால் நலி வடைகின்றன.

3. **மழைகாலப் பருவம்:** ஜுன் மத்தியிலோ, ஜுலை முதலிலோ தென்கிழக்குப் பருவக்காற்றுத் தொடங்குவதிலிருந்து இப்பருவம் ஆரம்பமாகிறது. மழையைச் சுமந்து வரும் இப்பருவக்காற்று வட கிழக்குப் பருவக்காற்றைவிட, இருமடங்கு வேகமாக வீசுகிறது. தென் தீபகற்பத்தால் இப்பருவக்காற்று அரபிக்கடல் பகுதி, வங்கக் கடல் பகுதி என இரண்டு பிரதான பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. வங்கக்கடல் பகுதியினால் தென்கிழக்குக் கடற்கரையில் கங்கைப் பள்ளத்தாக்குவரை மழை அளவும், மழை நாட்களும் அதிகரித்துக் கொண்டே போகின்றன. அரபிக்கடல் பகுதியால் வடமேற்குக் கடற்கரையிலிருந்து இமயமலைப் பிரதேசம் வரை மழையளவும், மழைநாட்களும் அதிகரிக்கின்றன. ஆனால்,மழை ஒழுங்காகப்பெய்வ தில்லை. மழை நாட்களும் மழையில்லாத வெய்யில் நாட்களும் மாறி மாறி வருகின்றன. சில வேளைகளில் ஒரு நாளில் 15 முதல் 20 செ.மீ. மழையும்,சில இடங்களில் 35 முதல் 50 செ.மீ. வரை கூட மழை பெய்து பெரும் வெள்ளங்களையும், மண் அரிப்பையும் ஏற்படுத் துகிறது.

இப்பருவத்தில் தாவரங்கள் மிகச் செழிப்பாக இருக்கின்றன. மரங்களும், நிலமட்டத் தாவரங்களும் வேகமாகச் செழித்து வளரு கின்றன.

4. **பருவக்காற்றுப் பின்னடையும் காலம்:** அக்டோபர் மாதத்தில் பருவக்காற்றுக் குறைந்து, வானம் நிர்மலமாகி, வெப்ப நிலை உயருகிறது. இம்மாதத்தில் இந்தியா முழுதுமே வெப்பநிலை 80°F முதல் 90°F ஆக உள்ளது. கடலிலும், நிலத்திலும் நாட்டின் பெரும்பகுதியில் காற்று வீசுதல் நின்றுவிடுகிறது. வெப்பநிலை வேறு

பாடுகளால், வங்கக் கடலிலும், தமிழ் நாட்டின் கிழக்குக் கரையிலும் வெப்ப மண்டலப் புயற்காற்றுகள் உருவாகி அப்பிரதேசங்களில் மழை பெய்ய ஏதுவாகிறது.

இலையுதிர் காடுகளில், தாவரங்கள் நல்ல வளர்ச்சி பெற்று முதிர்ந்து பல நிறத் தழைகளோடு காணப்படுகின்றன. நிலத் தாவரங்களின் வெளிப்பகுதிகள் காய்ந்துவிடுகின்றன.

பருவக் காற்றுகளினால் பொதுவாக இந்தியாவில் மேற்கூறிய பருவ வேறுபாடுகள் ஏற்படுகின்றன வென்றாலும் பருவக்காற்றுகள் நிச்சயமற்றவைகளாக இருப்பது ஒரு முக்கியமான உண்மையாகும். எப்போது பருவக்காற்றுத் தொடங்கும், எப்போது முடியும், தீவிரம் எவ்வளவு இருக்கும் என்பனவற்றை நிச்சயமாகச் சொல்ல முடியாது. இவ்வமிசங்களில் ஆண்டுக்காண்டு பருவக்காற்றுகள் மிக வேறுபடுவதால் தாமதித்த மழையினாலும், கன மழையினாலும் பயிர்களுக்கு அதிக சேதம் விளையக்கூடும். இந்தியப் பருவநிலையின் மற்றொரு முக்கிய அமிசம், ஒரே இடத்தில் வெவ்வேறு பருவங்களில் வறட்சியும், வெள்ளமும் மாறி மாறி வருவதும், ஒரே பருவத்தில் நாட்டின் வெவ்வேறிடங்களில் வறட்சியும், வெள்ளமும் ஏற்படுவது மாகும். இவ்வாறு வறட்சியும் வெள்ளமும் மாறி மாறி வருவதால் மண்ணானது பூரண வளப்பமடைய முடியாமல் போகிறது.

இந்திய வானிலையை நிர்ணயிக்கும் முக்கிய அமிசம் மழையாத லால் இந்தியாவின் வானிலை மண்டலங்கள், அதனுடைய மழை யளவு மண்டலங்களேயாகும். இது குறித்து இந்தியாவைக் கீழ்க் காணும் நான்கு மண்டலங்களாகப் பிரிக்கலாம்.

1. **ஈரமண்டலம் :** ஆண்டுக்கு 200 செ. மீ.க்கு மேல் மழை யைப் பெறும் மேற்குக் கடற்கரை மட்டுமே இத்தொகுதியில் அடங் கும். இங்கு வருடத்தில் ஒரு நீண்ட வறட்சிப் பருவமும், ஒரு குறுகிய வறட்சிப்பருவமும் உள்ளது. இயற்கையான தாவரச்செறிவு மாறாப் பசுமை மழை வெப்பக்காடும் (Tropical evergreen rain forest), மாறாப் பசுமை இலையுதிர் காடுமாகும் (Tropical deciduous evergreen forest). இம்மண்டலத்தில் சாகுபடியாகும் முக்கிய பயிர்கள் சமவெளியில் நெல், பாக்கு, தென்னை முதலியவையும் மலைப்பிரதேசத்தில் மிளகு, ஏலம், முதலியவைகளுமாகும். பயிர் களுக்கு வெள்ளத்தால் அபாயமேற்படுவதால் வெள்ளத் தடுப்பு நட வடிக்கைகள் எடுக்கவேண்டியதவசியமாகும்.

2. **குறையீர மண்டலம் :** வட கிழக்கு பீடபூமியும்; நடு கங்கைப் பிரதேசமும் இதில் அடங்கும். மழை ஆண்டுக்கு 100 முதல் 200 செ. மீ. இயற்கையான தாவரச் செறிவு இலையுதிர் ஈரக்காடாகும் (Moist deciduous forest). வெப்பக் காலத்தில் மரங்கள் இலைகளை உதிர்த்துவிடுகின்றன. முக்கியமான சாகுபடிப் பயிர் நெல். பயிர்களுக்கு வறட்சியால் அபாயமேற்படுவதால், வறட்சியைச் சமாளிக்கும் நடவடிக்கைகள் தேவையாகும்.

3. **காய்ந்த மண்டலம் :** கர்நாடகம், வடமேற்குத் தட்சிணம், மேல் கங்கைச் சமவெளி, மேல் பஞ்சாப் சமவெளி ஆகியவை இத் தொகுதியில் அடங்கும். இயற்கையான தாவரச்செறிவுஇலையுதிர்உலர் காடும் (Dry deciduous forest), முட்காடுமாகும் (Scrub forest). சாகுபடிப்பயிர்கள் முக்கியமாக கோதுமையும், சோளம், கம்பு முதலியவையுமாகும். ஆனால், பாசன உதவியால் நெல்லும் சாகுபடியாகிறது. பயிர்களுக்கு வறட்சியால் மிகுந்த அபாயம் ஏற்படுமாகையால், கால்வாய்கள், கிணறுகள் முதலியவற்றின் உதவியால் வறட்சியைச் சமாளிக்க வேண்டியுள்ளது.

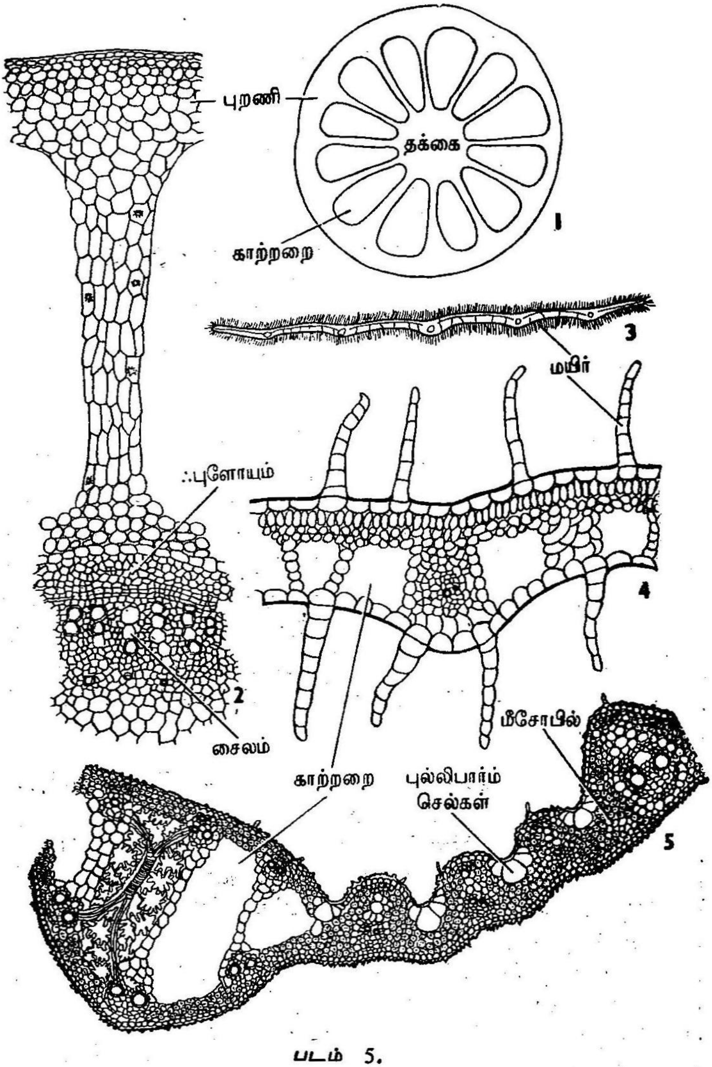
4. **வறண்ட மண்டலம் :** வடமேற்குப் பள்ளத்தாக்கும், வடமேற்குப் பீடபூமியும் இதில் அடங்கும். மழை 50 செ. மீ.க்கும் குறைவு. இயற்கையான தாவரச்செறிவு பாலையாகும். பாசனமின்றிப் பயிர்ப் சாகுபடி சாத்தியமில்லை.

3. தண்ணீரைப் பொருத்துத் தாவரங்களின் வளர்ச்சியமைப்பு

(GROWTH HABIT OF PLANTS IN RELATION TO WATER)

தாவர வளர்ச்சியைப் பாதிக்கும் அமிசங்களில், மிக முக்கிய மான தனி அமிசம் மண்ணீராகும். வெவ்வேறு மண் வகைகள் வெவ்வேறு அளவு நீர்கொள் திறனுடையவையாக இருப்பதால், மண்ணீரைப் பொருத்துப் பலவிதமான வாழிடங்கள் இயற்கையாக ஏற்படுகின்றன. ஒரு தாவரம் அதற்குத் தேவையான தண்ணீரைத் தரத்தக்க வாழிடத்தில்தான் வளர முடியும். எந்தத் தாவரமும் அதன் தண்ணீர்த் தேவையைப் பொறுத்தவரை ஓரளவு ஏற்றத் தாழ்வுகளைச் சமாளிக்கக்கூடுமென்ருலும், நீர் நிறைந்த வாழிடத் திலும் மிக வறண்ட வாழிடத்திலும் வளரக்கூடிய எந்த ஒரு தாவர மும் இல்லை.

தண்ணீர் தேவையைப் பொருத்துத் தாவரங்களை நீர்த்தாவரங் கள் (Hydrophytes), வறட்சித் தாவரங்கள் (Xerophytes), வளமைத் தாவரங்கள் (Mesophytes) என மூன்று தொகுதிகளாகப் பிரிக்க லாம். நீர்த் தாவரங்களென்பவை நீரினுள் மூழ்கியோ, நீர்மேல் மிதந்தோ, அல்லது நீர்நிறைந்த இடங்களிலோ வளருவனவாகும். வளமைத் தாவரங்களென்பவை அதிக நீர் நிறைந்தோ, மிக வறண்டோ இல்லாமல் நடுத்தரமான அளவு நீரை உடைய மண்ணில் வளருவனவாகும். வறட்சித் தாவரங்களென்பவை சொற்ப நீரே அவற்றுக்குக் கிடைக்கக்கூடிய வாழிடத்தில் வளரு வனவாகும். பொதுவாகத் தாவரங்களை மேற்கூறிய மூன்று தொகுதி களாகப் பிரிக்கலாமென்ருலும் இன்ன தொகுதியைச் சேர்ந்தது என்று அறுதியிட்டுச் சொல்ல முடியாத தாவரங்கள் பல உள்ளன. நீர்த்தாவரங்களுக்கும் வளமைத் தாவரங்களுக்கும் இடைப்பட்டன வும், வளமைத் தாவரங்களுக்கும் வறட்சித் தாவரங்களுக்கும் இடைப்பட்டனவுமான அநேக தாவரங்கள் உள்ளன.



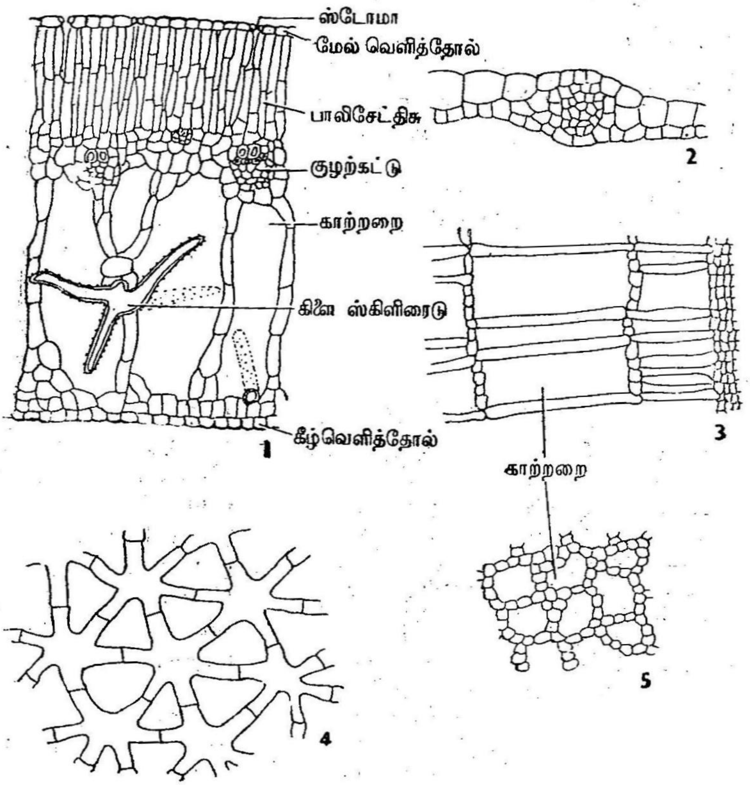
படம் 5.

சில நீர்த் தாவரங்களின் உள்ளமைப்பு :

(1) ஹைட்ரோலியாவினுடைய தண்டின் குறுக்கு வெட்டு முழுத்தண்டு.
(2) ஹைட்ரோலியாவினுடைய தண்டின் குறுக்கு வெட்டு—சிறு ஆரைப் பகுதியின் பெரிதாக்கம்.
(3) பிஸ்டியா இலையின் குறுக்கு வெட்டு—முழு இலை.
(4) பிஸ்டியா இலையின் குறுக்கு வெட்டுச் சிறு பகுதியின் பெரிதாக்கம்.
(5) நெல் இலையின் குறுக்கு வெட்டு—பகுதியின் பெரிதாக்கம்.

நீர்த் தாவரங்கள் :

பொதுவாக நீர்த்தாவரங்களின் தகவமைவுகள் யாவும் அவற்றின் வாழிடத்திலுள்ள நீர் நிறைவினால் ஏற்படும் ஆக்சிஜனின் பற்றாக்குறையைச் சமாளிப்பதற்கானவையே யாகும். நீரிழப்பைக்



படம் 6.

சில நீர்த் தாவரங்களின் உள்ளமைப்பு :

(1) அல்லி இலையின் குறுக்கு வெட்டு—சிறு பகுதியின் பெரிதாக்கம்;

(2) ஹைட்ரில்லா (வேலம்பாசி) இலையின் குறுக்கு வெட்டு—சிறு பகுதியின் பெரிதாக்கம்.

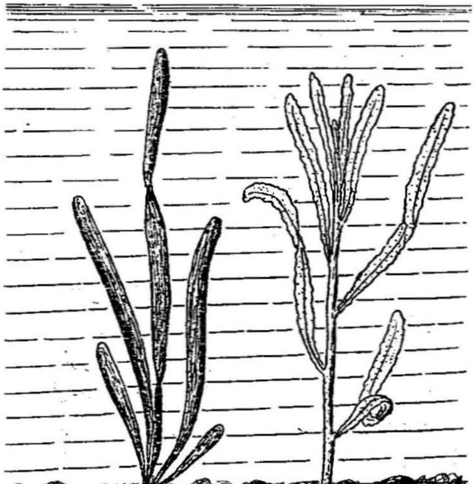
(3, 4, 5) மூன்று வகையான ஏரங்கைமா.

கட்டுப்படுத்தும் திசுக்களும், நீரைக் கடத்தும் திசுக்களும், வலுவூட்டும் திசுக்களும் மிகக் குறைந்துள்ளன. ஏரங்கைமா (Aeren-

chyma) திசு அதிகரித்து அதற்கேற்றாற்போல் பாலிசேட் (Palisade) திசு குறைகிறது. விதைகள் மூலம் நிகழுவதான கலவியினப் பெருக்கும் (Sexual reproduction) குறைந்து உடலினப் பெருக்கம் (Vegetative reproduction) அதிகரிக்கிறது.

தண்ணீரோடு கொண்டுள்ள தொடர்பின் தன்மையைப் பொருத்து நீர்த்தாவரங்களை மூழ்கிய நீர்த்தாவரங்கள் (Submerged hydrophytes) மிதக்கும் நீர்த்தாவரங்கள் (Floating hydrophytes), மேலெட்டிய நீர்த்தாவரங்கள் (Emersed or amphibious hydrophytes) என மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

மூழ்கிய நீர்த்தாவரங்கள் : இவை கடல் முழுதும் தண்ணீரால் சூழப்பட்ட தாவரங்களாகும். இவற்றிற்கு உதாரணங்கள் பல்வேறு பாசிகளும் (Algae), **செரடோஃபில்லம்** (ceratophyllum), **வாலிஸ்னேரியா** (Vallisneria), **போட்டமாஜிடான்** (Potomogeton), **நாஜஸ்** (Najas), **எலோடியா** (Elodea) **ஹைட்ரில்லா** (Hydrilla), **யூட்ரிகுலேரியா** (Utricularia) முதலிய விதைத் தாவரங்களுமாகும்.

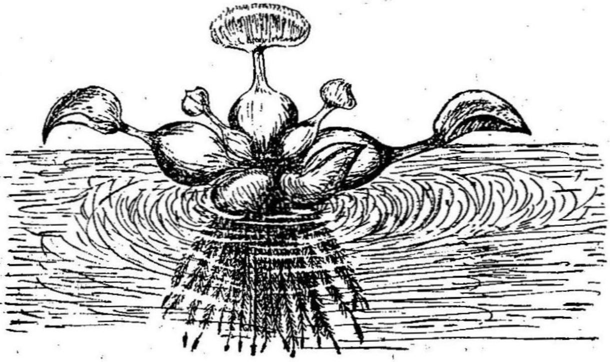


படம் 7.

மூழ்கிய நீர்த் தாவரங்கள்.

இந்த விதைத் தாவரங்களில் வேர், தண்டு, இலை ஆகியவற்றின் புறத்தோலில் கியூட்டிகிள் (cuticle) அற்றிருப்பதால் தண்ணீரிலிருந்து நேரடியாக உணவுப்புகளையும், வாயுக்களையும் உறிஞ்சிக் கொள்ளக்கூடும். **செரடோஃபில்லம், யூட்ரிகுலேரியா** முதலியவற்றைப் போன்றவை அறவே வேர்களற்றனவாகும். மற்றவைகளிலும் வேர்கள் மிகக் குறைந்து கிளைகளற்றதாகவும், மண்ணில் வேரூன்றியவைகளைத் தவிர மற்றவைகளில் வேர்த் தூவிகள் (Root hairs) அற்றும் இருக்கின்றன. காற்றைவிட நீரின்

அடர்த்தி அதிகமாதலால் நீரில் மூழ்கியுள்ள தாவரங்களுக்கு அதிக வலு தேவையில்லை. எனவே அவற்றின் தண்டுகள் நீண்டு மெலிந்து, ஸ்கிளிரங்கைமா, சைலம் முதலிய வலுத்திசுக்களை மிகக்குறைவாகக் கொண்டுள்ளன. புறணி (Cortex) மிக அகண்டு ஏரங்கைமா வாகிறது. குழலம் அல்லது ஸ்டீல் (Stele) அச்சின் மையத்தில் சிறிய தாக இருக்கிறது. இலைகள் மெலிந்து, பரப்பளவை அதிகரிக்கும் வண்ணம் பல கீற்றுகளாக வெட்டப்பட்டிருக்கின்றன. இலையின் புறத்தோலிலும் பசுணிகளுள்ளன. ஸ்டோமாக்கள் அறவே இல்லா மலோ அல்லது செயலற்றவைகளாகவோ இருக்கின்றன. அநேக மாக எல்லா உறுப்புகளிலும் ஏரங்கைமா உள்ளது. ஏரங்கைமா வானது தாவரம் மிதப்பதற்கு ஏதுவாதலல்லாமல், ஒளிச்சேர்கை யின்போது வெளிவிடப்படும் ஆக்சிஜனைச் சேமித்துவைக்கும் இடமாகவும் பயன்படுகிறது.



படம் 8.

மிதக்கும் நீர்த் தாவரம்—ஐக்கோர்னியா

2. மிதக்கும் நீர்த்தாவரங்கள்: மண்ணில் வேரூன்றுமல் தண்ணீ ரின் மேற்பரப்பில் மிதக்கும் லெம்னு (Lemna), ஐக்கோனியா (Eichhornia), பிஸ்டியா (Pistia), உல்ஃபியா (Wolfia) போன்ற தாவரங்களும், நீர்நிலையின் அடிமண்ணில் வேரூன்றி இலைகள் மட்டும் தண்ணீரின் மேற்பரப்புக்குமேல் நீண்டிருக்கும் அல்லி (Nymphaea), தாமரை (Nelumblium) போன்றவைகளும் இப்பிரிவில் அடங்குவனவாகும். எவ்வாருயினும் இலையின் மேற்பரப்புத் தண்ணீ ருக்கு வெளியே இருக்கிறது. வேரூன்றுமல் மிதப்பனவற்றின் வேர்களில் வேர்த்தூவிகளிருப்பதில்லை. வேர்கள் கனமாக இருப்ப தால் தாவரங்கள் நேராக மிதப்பதற்கும், நீரலைகளினுல் கவிழ்ந்து

விடாமலிருக்கவும் ஏதுவாகின்றன. நிலத்திலூன்றிய தாவரங்கள் நீண்டமட்ட நிலத்துண்டுகளையும் (Rhizome) கிழங்குகளையும் (Tuber) உண்டாக்கி அவற்றின் மூலம் வேகமாகப் பரவி அடர்ந்த கும்பல்களாகின்றன. வேரிலம் (Root system) மிகக் குறைவான வளர்ச்சியைக் கொண்டிருக்கிறது. இலைக்காம்புகள் நீண்டு இலை அலகுகளைத் தண்ணீரின் மேற் பரப்புக்கு வெளியே கொண்டு வருகின்றன.

படம் 9.
மிதக்கும் நீர்த் தாவரம்—அல்லி

மூழ்கிய நீர்த்தாவரங்களைப் போன்றே, மிதக்கும் நீர்த் தாவரங்களிலும் ஏரங்கைமா மிகுந்து, வலுத்திசுக்களும், கடத்தித் திசுக்களும் குறைந்து காணப்படுகின்றன. இலைகளின் மேல்பரப்பு மெழுகுப் பூச்சுற்றோ, அல்லது அடர்ந்து, நுண்மயிர்களைக் கொண்டோ இருப்பதால் தண்ணீரில் நனைந்து ஸ்டோமாக்கள் அடைத்துக் கொள்ளாமலிருக்க ஏதுவாகிறது. ஸ்டோமாக்கள் இலையின் மேற்பரப்பில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. ஒரு சிலவற்றில் கீழ்ப்பரப்பிலும் செயலற்றுக் குன்றிய ஸ்டோமாக்கள் காணப்படலாம். இலையின் பேலிசேட் திசு (Palisade Tissue) நன்கு வளர்ச்சியடைந்திருந்தாலும் அதைவிட ஸ்பாஞ்சி திசு (Spongy Tissue) அதிகமாகவும் விசாலமான காற்றிடை வெளிகளோடும் காணப்படுகிறது.

3. **மேலெட்டிய நீர்த்தாவரங்கள்:** இத்தாவரங்களின் அடிப்பாகம் நீரினுள் மூழ்கியும், நுனிப்பாகம் தண்ணீருக்குமேல் நீண்டு காற்றிலும் இருக்கிறது. இவற்றின் இரட்டை வாழிடங்கள் ஒன்றுக்கொன்று மிகவும் வேறுபட்டதாகையால், இரண்டு சூழ்நிலைகளிலிருக்கும் பகுதிகளும் வெவ்வேறு தகவமைவுகளை உடைத்தாயிருக்கின்றன.

மேலெட்டிய நீர்த்தாவரங்களில் பெரும்பான்மையானவை, மண்ணில் புதைந்து, ஏராளமாகக் கிளைத்த நிலனடித் தண்டுகளைக்

கொண்டனவாகும். வேர்களும், தண்டின் அடிப்பாகமும் அதனோடு சேர்ந்த இலைகளும், தண்ணீருக் குள்ளேயும், தண்டிலத்தின் (Shoot system) பெரும்பகுதி காற்றிலும் இருக்கிறது. மேலெட்டிய நீர்த்தாவரங்களுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள் டைஃபா (Typha), ஏஸ்கினுமினி (Aeschynomene), லிம்னோஃபைலா (Limnophila), ஸ்கிர்பஸ் (Scripus), ஹைகிரோஃபில்லா (Hygrophila) முதலியவையாகும். இவைகள் பொதுவாக நீர்நிலைகளின் ஓரங்களில் காணப்படுகின்றன.

படம் 10.
மேலெட்டிய நீர்த் தாவரம்—
லிம்னோஃபைலா

இத்தாவரங்களின் வேர்கள் நீர்த்தாவரங்களின் வேர்களுக் குள்ள பொதுத் தன்மைகளைப் பெற்றுள்ளன. வேர்களின் கிளைப்பும், வேர்த் தூவி வளர்ச்சியும், நீரின் ஆழத்தையும் அதனுல் ஏற்படும் காற்றுப்பற்றுக்குறையையும்பொருத்ததாகும். வாழிட நீரளவு மாறக் கூடியாதகையால் இவற்றின் நிலனடித் தண்டுகள் நீர்வாழ் தகவமைவுகளையும், நிலன்வாழ் தகவமைவுகளையும் ஒருங்கே கொண்டிருக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக டை∴பாவில், வலுத்திசுக்களும், கடத்தித்திசுக்களும் நன்கு வளர்ச்சிபெற்று நிலன்வாழ் பண்புகளாகவும், மிகுதியான ஏரங்கைமாகவும் சேமிப்பு பேரங்கைமாவும் நீர்வாழ் பண்புகளாகவும் இருக்கின்றன. வலுத்திசுக்கள் போதுமான அளவு இருப்பதால் இவை நேராக நின்று வளர முடிகிறது. தண்ணீரில் மூழ்கிய பாகங்களுக்குக் காற்றிலுள்ள பாகங்கள் வழியாகக் காற்று செல்லுகிறது. இதற்கேதுவாகத் தாவரத்தின் தண்டிலும் மற்றப்பாகங்களிலும், காற்று ஊடுருவிச் செல்லக்கூடிய தடுப்புகளிடையிட்ட பெரிய காற்றறைகள் உள்ளன.

தண்ணீரில் மூழ்கிய பகுதியிலும் வெளிப் பகுதியிலும் இருக்கும் இலைகள் உருவத்திலும் அமைப்பிலும் பெரிதும் வேறுபடுகின்றன. நீரில் மூழ்கிய இலைகள் மயிரிழைபோன்ற கீற்றுக்களாகக் கிளைத்து,

செயற்றிறனுடைய ஸ்டோமாக்களற்றிருக்கின்றன. வெளியிலைகள் மேல் பரப்பையும் கீழ்ப்பரப்பையும் கொண்ட தட்டையான இலைப் பத்திரங்களைக் கொண்டுள்ளன. இவற்றின் இருபரப்புக்களிலும் செயற்றிறனுடைய ஸ்டோமாக்கள் காணப்பட்ட போதிலும் அதிக மான எண்ணிக்கை மேற் பரப்பில் காணப்படுகிறது. இலைகளின் கியூட்டிகிள் (Cuticle) மெலிந்து மயிர்களற்றிருக்கிறது. டைஃபா, ஸ்கிர்பஸ் முதலிய தாவரங்களில் ஸ்டோமாக்கள் மூடித் திறக்கும் திறனை இழந்து எப்போதும் திறந்தே இருக்கின்றன. இலை நரம்புகள் நன்ருகத் தடித்திருக்கின்றன.

வளமைத் தாவரங்கள்

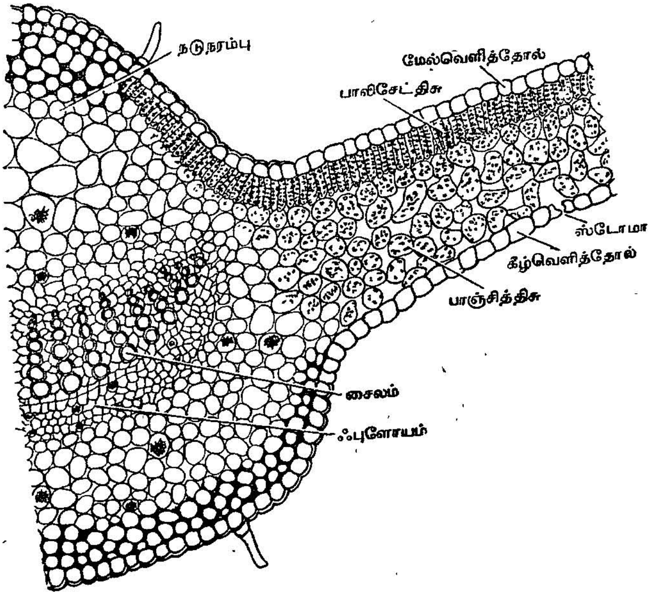
இவை மிக வறண்ட இடங்களிலும், மிக ஈரமான இடங்களிலும் வளராதனவாகும். இவற்றிற்குக் காற்ரேட்டம் நிறைந்த மண் தேவைப் படுவதால் நீர் நிறைந்த மண்ணில் இவை வளரமுடியாது. வளமைத்தாவரங்களை, வெய்யில் தாவரங்கள், நிழல் தாவரங்கள் என இரண்டாகப் பிரிக்கலாம். வெய்யில் தாவரங்களென்பவை அவற்றின் மீது வெய்யில் நேரடியாக விழுந்தாலல்லது நன்கு வளரா. ஆனுல், நிழல் தாவரங்களென்பவை நேரடி வெய்யலிலும், நிழலிலும் நன்ருக வளரக் கூடும்.

நீர்த்தாவரங்கள், வறட்சித்தாவரங்கள் ஆகிய இரண்டையும் விட வளமைத்தாவரங்களே எண்ணிக்கையில் மிகுந்து உலகத் தாவரச்செறிவின் பெரும்பான்மையான பகுதியாக உள்ளன. மழை மிகுந்த வெப்ப மண்டலக் காடுகளில் வளரும் செடி கொடி மரங்கள் எல்லாம் வளமைத் தாவரங்களேயாகும்.

வளமைத்தாவரங்களின் வேர்கள் மிகுதியாகக் கிளைத்து, நீளத்திலும் பரிமாணத்திலும் தண்டிலத்துக்குச் சமமாகவோ, அதிகமாகவோ இருக்கின்றன. ஏராளமான வேர்த்தூவிகளைக் கொண்டுள்ளன. பல நுண் பூஞ்சணங்களும் நுண்ணுயிர்களும் வேரின் வெளிப்பரப்பில் வாழ்கின்றன. இவை வாழும் பகுதி ரைசோஸ்பியர் (Rhizosphere) எனப்படும். தாவரங்களின் செழிப்பு வெகுவாக அவற்றின் ரைசோஸ்பியரின் தன்மையைப் பொருத்தே அமைவதாகத் தெரிகிறது.

வள்மைத் தாவரங்களில் தழை வளர்ச்சி மிகுந்திருக்கிறது. தழைகள் சுமாரான தடிப்புள்ளவைகளாயும், கரும்பச்சை நிறமாயும் இருக்கின்றன. ஸ்டோமாக்கள் ஏராளமாகவும், மரங்களைத் தவிர மற்றவைகளில் இலையின் இருபுறமும் காணப்படுகின்றன. வளமைத்

தாவரங்களினுடைய ஸ்டோமாக்களின் அடர்த்தி தண்ணீரின் அளவால் கட்டுப் படுத்தப் படுவதாகத் தெரிகிறது. நீரின் அளவு குறையக் குறைய ஸ்டோமாக்களின் அடர்த்தி அதிகரிக்கிறது. ஆகவே தாவரத்தில் அடிமுதல் நுனிவரை ஸ்டோமாக்களின் அடர்த்தி மாறுகிறது. மேலே உள்ள இலைகளில் ஸ்டோமாக்கள் அடர்த்தி மிகுந்தும், கீழே வரவர அடர்த்தி குறைந்தும் காணப்படுகின்றன. ஒரு



படம் 11.

வலமைத் தாவர (செம்பருத்தி) இலையின்
குறுக்கு வெட்டு—பகுதியின் பெரிதாக்கம்.

தனி இலையில் அதன் அடியிலிருந்து நுனிவரையும், நடு நரம்பிலிருந்து விளிம்புகளுக்கும் போகப்போக ஸ்டோமாக்களின் அடர்த்தி அதிகரிக்கிறது. வறட்சிக் காலங்களிலும் ஸ்டோமாக்களின் அடர்த்தி அதிகரிக்கிறது.

தண்ணீர் குறையக் குறைய ஸ்டோமாக்களின் அடர்த்தி மிகுவதன் காரணம், செல்கள் தமது அதிகபட்ச பரிமாணத்துக்கு வளரக் கூடாமல் போவதேயாகும். மிக இளந்தளிராக இருக்கும் போதே இலையினுடைய ஸ்டோமாக்கள் ஏறக்குறைய ஒன்றுக்கொன்று சம தூரத்தில் உருவாகின்றன. அதன் பிறகு இலையின் செல்கள்

வளர்ந்து இலை அகண்டு விரியும்போது ஸ்டோமாக்களினிடையே யுள்ள இடைவெளி அதிகரிக்கிறது. எனவே, முதிர்ந்த இலையில் ஸ்டோமாக்களின் அடர்த்தி குறிப்பிட்ட இடத்தில் செல்கள் எவ்வளவு பருத்து இலை எத்துணை விரிவடைகிறது என்பதைப் பொருத்ததாகும். செல்கள் அதிகமாகப் பருத்து இலை அதிகமாக விரிவடையும் இடங்களில் ஸ்டோமாக்களின் அடர்த்தி குறைந்தும், சிறிதே பருத்து இலை சிறிதே விரிவடையும் இடங்களில், ஸ்டோமாக்களின் அடர்த்தி அதிகரித்தும் காணப்படுகிறது. எனவே, ஸ்டோமாக்களின் அடர்த்தி மிகுதலும், செல்களின் பரிமாணம் குறைவதும் எப்போதும் ஒன்றோடொன்று தொடர்புடையவைகளாகவே உள்ளன.

வறட்சித் தாவரங்கள் :

வறட்சித் தாவரங்கள் எவை என்று துல்லியமாக அறுதியிட்டுச் சொல்லுவது கடினம். டாபன்மயர் (**Daubenmyer**) என்பவர் அவற்றைப் பின் வருமாறு விவரித்துள்ளார்.

''வறட்சித் தாவரங்களென்பவை தாவரங்களுக்கு உபயோகமாகும் தண்ணீர் ஒரு பருவத்தில் குறைந்தது 20 செ.மீ. ஆழத்துக்கு அற்றுப் போகும் இடங்களில் வாழ்வனவாகும். வறண்ட பிரதேசங்களில், ஓடைகள், ஏரிகள் ஆகியவற்றின் ஓரங்களைத் தவிர மற்ற இடங்களில் வாழும் தாவரங்களெல்லாம் வறட்சித் தாவரங்களெனலாம். ஆனால், அதிக மழை பெய்யும் பிரதேசங்களில் மணலில் வாழும் மேல்வாரியான வேரிலத்தையுடைய தாவரங்களும், காய்ந்த திடலுச்சிகளில் வளருவனவும், மரம், பாறை முதலியவற்றின் மேல் வளரும் மாஸ்கள் (**Mosses**), லைக்கன்கள் (**Lichens**) முதலியவைகளும் வறட்சித் தாவரங்களாகும்.''

மேற்கூறியதிலிருந்து வறட்சித் தாவரங்களென்பவை பாலை நிலங்களில் வளருந் தாவரங்கள் மட்டுமல்ல வென்பதும், குறைவான நீரையும், அதிகமான ஆவிப்போக்கையும் உடைய எந்த ஒரு இடத்திலும் வாழ்வனவாகும் என்பதும் தெரியவரும். நீர்த் தாவரங்களை விட வறட்சித் தாவரங்கள் அதிகமான உருவ வேறுபாடுகளையும், தகவமைவுகளையும், செயலமைவுகளையும் கொண்டனவாகும்.

வறட்சி யமைவுடைய தாவரங்கள் அவை வாழும் இடத்தைப் பொருத்துப் பல பெயர்களால் பின்வருமாறு குறிக்கப்படுகின்றன.

1. கல், பாறை முதலியவற்றின் மேல் வாழ்வன பாறைத் தாவரங்கள் (Lithophytes).

2. மணல், சல்லி முதலியவற்றின் மேல் வாழ்வன—மணல் தாவரங்கள் (Psammophytes).

3. குளிர்ந்த நிலங்களில் வாழ்வன—குளிர்த் தாவரங்கள் (Psychrophytes .

4. உப்பு மிகுந்த நிலங்களில் வாழ்வன—உப்புத் தாவரங்கள் (Halophytes).

5. காடிமை மிகுந்த நிலங்களில் வாழ்வன—காடித் தாவரங்கள் (Oxylophytes).

இவற்றில் முதலிரண்டு வகைகளும் வாழும் இடங்கள் தண்ணீரற்றவையாகும். எனவே, இவை நீரறு வாழிடங்கள் (Physically dry habitates) எனப்படும். ஆனால், பிந்திய மூன்று வகை வாழிடங்களில் தண்ணீர் அதிகமாக இருந்தாலும் மற்ற அமிசங்களின் காரணமாக அத் தண்ணீரைத் தாவரங்கள் எளிதில் எடுத்துக் கொள்ள முடியாமலிருக்கிறது. ஆகவே இத்தகைய வாழிடங்கள் நீர் தரா வாழிடங்கள் (Physiologically dry habitates) எனப்படும். இவ்விரண்டு வித வாழிடங்களிலும் வாழும் வறட்சித் தாவரங்கள் தமது தண்ணீர்த் தேவையைச் சமாளிப்பதற்காகப் பெற்றுள்ள தகவமைவுகள் என்ன வென்று பார்ப்போம்.

நீரறு வாழிடத் தாவரங்கள் : எளிதில் வாடாமலிருப்பதே நீரறு வாழிட வறட்சித் தாவரங்களின் முக்கிய இயல்பாகும். நீண்ட வறட்சியாலும் அவற்றின் திசுக்கள் வதங்கிச் சேதமடையாமலிருப்பதற்கு இது ஏதுவாகிறது. எனவே, வறட்சித் தாவரங்களெல்லாம் வறட்சியை எதிர்த்துச் சமாளிக்கக் கூடியனவே யன்றி வறட்சியால் நன்மை பெறுவனவல்ல. அநேகமாக எல்லா வறட்சித் தாவரங்களும், நீர்வளமுள்ள இடங்களில் வறண்ட இடங்களைவிட நன்ருக வளரக்கூடியனவாகவே உள்ளன. இதன் காரணம் அவை தமது புரொட்டொ பிளாசத்தின் நீரளவை யாதொரு ஊறுமின்றி வெகுவாக மாற்றி யமைத்துக் கொள்ளக்கூடிய பண்பைக் கொண்டிருப்பதே யாகும்; நீர் வெளியேற்றத்தைத் தடுக்கக்கூடிய தகவமைவுகளைப் பெற்றிருப்பதன்று.

கள்ளி, நாகதாளி, முதலியன போன்ற பாலைத் தாவரங்களின் ஒரு முக்கிய பண்பு அவற்றின் தண்டு இலை முதலியன சதப்பை (Succulence)யாக இருப்பதாகும். இவற்றின் பேரங்கைமாத் திசுக்களின் செல்கள், தடித்த செல் சுவற்றையுடைய திசுக்களைவிட, மிக அதிகமாகப் பருத்து எப்போதும் நீர் நிரம்பி உப்பியிருக்கின்றன சதப்

பைத் தாவரங்களெல்லாம் வறட்சித் தாவங்களல்ல வாயினும், வறட்சியால் சதப்பைத் தன்மை தோன்றலாமெனத் தெரிகிறது. ஏனென்ருல், ஒரு செல்லின் நீரளவு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குக் குறைந்தால் அதன் பல்கரிச் சர்க்கரைகள் (Polysaccharides), ஐங்கரிச் சர்க்கரைகளாக (Pentose sugars) மாற்ற மடையலாம். இந்த ஐங்கரியங்கள் (Pentosan) புரொட்டொ பிளாசத்தில் நைட்ரஜனுடைய கூட்டுப் பொருள்களோடு சேரும்போது அதிக நீர் கோக்கும் திறனை அடைகின்றன. இம் மாற்றம் மீளா மாற்ற (Irreversible change) மாகையால், தாவரங்கள் நிரந்தரமான சதப்பைத் தன்மை யடைகின்றன.

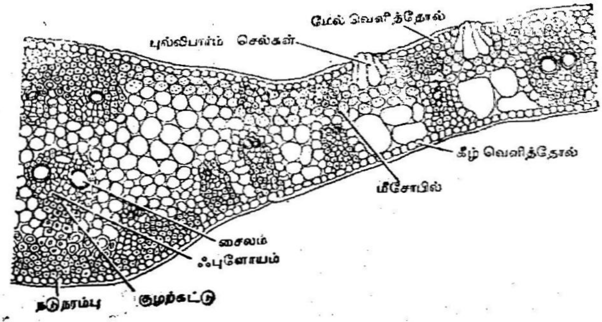
வறட்சித் தாவரங்களின் மற்ருெரு முக்கிய பண்பு தடித்த செல் சுவர்களும், நீர் வெளியேற்றத்தைத் தடுக்கும் பாதுகாவலான புறப் போர்வையுமாகும். இப் பண்புகள் தோன்றக் காரணம் நீரருமையால் பல்கரிச் சர்க்கரைகள், செல்லுலோன், லிக்னின் (Lignin) முதலிய செல் சுவர்ப் பொருள்களாகவும், இவற்றின் நீர் நீங்கிய (Dehydrated) பொருள்களாகிய கியூட்டின் (Cutin) முதலியவைகளாகவும் வேகமாக மாற்றப்படுவதாகும். எனவே, வறட்சித் தாவரங்களின் செல்சுவர்களில் இளமையிலேயே லிக்னினூட்டம் (Lignification) ஏற்பட்டு, தடித்த செல்சுவர்களைக் கொண்ட கடத்தித் திசுக்களும், வலுத் திசுக்களும் அபரிமிதமாக உண்டாகின்றன. தடித்த புறத்தோலும், ஆழத்தே அமைந்த பச்சையமும் இத் தாவரங்களுக்கு மங்கிய சாம்பல் நிறத்தை அளிக்கின்றன. தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்கு அடிப்படை ஏதுவான கார்போ ஹைட்ரேட்டுக்களின் பெரும் பகுதி செல் சுவர்ப் பொருள்களை உண்டாக்க உபயோகிக்கப்பட்டுவிடுவதால், அவை வளர்ச்சி வேகங்குன்றி முருடாகின்றன.

நீராவிப்போக்கினுல் தாவரத்திலிருந்து நீர் வெளியேறும் பிரதான உறுப்புகள் இலைகளே யாதலால் நீர் வெளியேற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்த அநேக தகவமைவுகள் வறட்சித் தாவரங்களின் இலைகளில் காணப்படுகின்றன. இவற்றைப் பல தலைப்புகளின் கீழ் வரிசைப்படுத்தலாம்.

1. **இலையமைவு:** கிடையாக இருக்கும் இலைகள் செங்குத்தாக நிற்கும் இலைகளைவிட அதிக சூரியக்கதிர்களைப் பெற்று வேகமாக நீரிழக்கின்றன. ஆகவே, பல வறட்சித் தாவரங்களின் இலைகள் செங்குத்தாகவே இருக்கின்றன. சிலவற்றில், மற்ற நேரங்களில் கிடை மட்டமாக இருக்கும் இலைகள் நடுப்பகலில் வெய்யில் கடுமையாக இருக்கும்போது செங்குத்தாக நிமிர்ந்து கொள்ளுகின்றன.

2. **இலை மடிவதும், சுருளுவதும்:** அநேக வறட்சித் தாவரங்களில் வறண்ட காற்றினுல் இலைகள் சுருண்டு பரப்பளவைக் குறைக்

கின்றன. அவ்வாறு சுருளுவது தற்காலிகமானதும், வெப்பம் உயரும்போது மட்டும் நிகழுவதுமாகும். சுருளுவதால் பரப்பளவு குறைவது மட்டுமல்லாமல், பெரும்பாலும் மேற்புறத்திலேயே அமைந்துள்ள ஸ்டோமாக்கள் உள்ளாகச் சென்று மறைவதால் அவற்றின் வழியாக நீர் வெளிப்போதல் மிகவும் குறைகிறது. அநேக மாஸ்களும் (Mosses) லைக்கோபோடியம் (Lycopodium) முதலிய தாவரங்களுங் கூட வறட்சிக் காலங்களில் தமது இலைகளைச் சுருட்டவும், முறுக்கவும் செய்கின்றன.



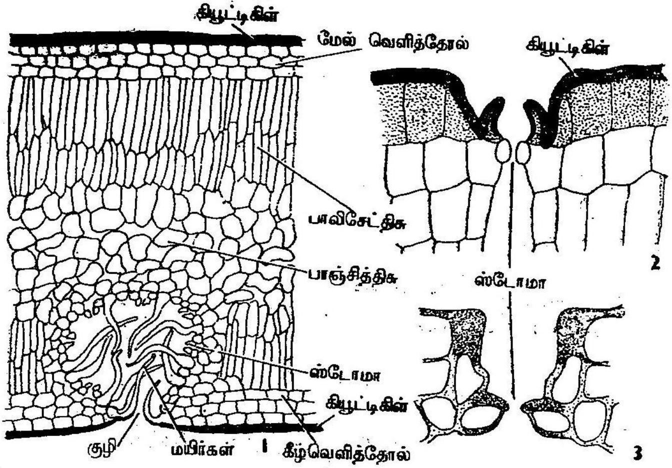
படம் 12.

மூங்கில் இலையின் குறுக்கு வெட்டு—சுருளும் வறட்சித் தாவர இலை.

3. **இலைகள் சிறுத்தலும் இழக்கப்படுதலும்:** இலைகள் சிறுப்பதாலும், இழக்கப்படுவதாலும், நீர் வெளியேறும் பரப்பினைக் குறைப்பது மற்றெல்லாத் தகவமைவுகளையும் விடச் சாதாரணமாக வறட்சித் தாவரங்களில் காணப்படுவதாகும். இதைப் பொருத்து வறட்சித் தாவரங்களைத் தண்டுத் தாவரங்கள், இலைத் தாவரங்கள் என இரண்டாகப் பிரிக்கலாம். தண்டு தாவரங்கள் இலைகளே இல்லாமல், தண்டே ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ்த்துவதற்கான அமைப்புகளைப் பெற்றிருக்கிறது. சதுரக்கள்ளி (Euphorbia antiquorum), கொடிக்கள்ளி (Euphorhia tirucalli), சப்பாத்தி (Opuntia), சார்கோஸ்டெம்மா (Sarcostemma), காராலூமா (Caralluma) முதலியவற்றில் காணப்படும் இத்தகைய தண்டு கிளாடோடு (Cladode) எனப்படும். பார்க்கின் சோனியா (Parkinsonia), அக்கேசியா (Acacia) முதலிய தாவரங்களில் இலைக்காம்புகள் தடித்த இலைகளைப் போல் திரிபடைகின்றன. இவை ஃபில்லோடு (Phyllode) எனப்படும். சவுக்கு (Casuarina), டாமரிக்ஸ் (Tamarix),

முதலிய தாவரங்களில் இலைகள் செதில்களாகச் சுருங்கி தண்டுகள் கிளாடோடாகிறது.

4. **புறத்தோல் செல்களில் மாற்றம்:** தாவரத்திலிருந்து புறத்தோலின் வழியாகவே நீர் வெளியேற்றம் நிகழ வேண்டுமாகையால், புறத்தோலின் அமைப்பு நீர் வெளியேற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் முக்கிய அமிசமாகும். வறட்சித் தாவரங்களின் புறத்தோல் செல்கள்



படம் 13.

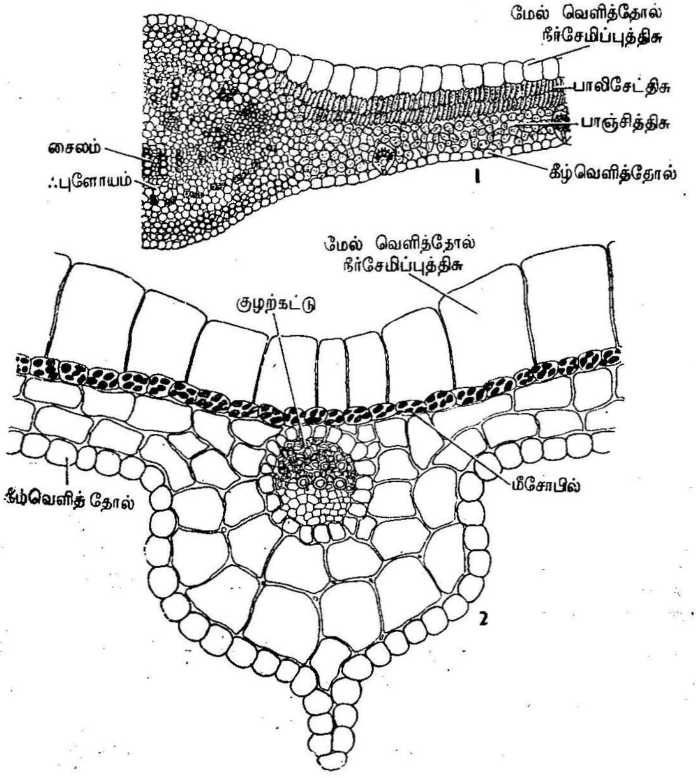
வறட்சித் தாவர இலைகளின் உள்ளமைப்பு

(1) அரளி இலையின் குறுக்கு வெட்டு—சிறு பகுதியின் பெரிதாக்கம்.

(2, 3) இரு தாவரங்களின் உள்ளடங்கிய ஸ்டோமா அமைப்பு.

நீரிழப்பைக் குறைக்கும் பல தகவமைவுகளைக் கொண்டுள்ளன. சவுக்கு, சப்பாத்தி முதலியனவற்றில் புறத்தோல் செல்களின் வெளிச்சுவர் மிகத்தடித்த கியூட்டிகளால் மூடப்பட்டும், கியூட்டிகிளில் நீர் புகாப் பொருளான கியூட்டினின் விகிதம் அதிகமாகவும் இருக்கிறது. சில தாவரங்களில் புறத்தோல் செல்களின் வெளிச்சுவர் மெழுகுப் பொருளால் மூடப்பட்டுள்ளது. பீழைப் பூண்டில் (Aerva) புறத்தோலின் மேல் அடர்த்தியான மயிர்கள் வளர்ந்து மூடிக்கொண்டிருக்கின்றன. அரளியில் புறத்தோல் ஓர் அடுக்காக இல்லாமல் பல அடுக்குகளாகக் காணப்படுகிறது. **பிரையோ ஃபில்லம்**

(Bryophyllum), பெப்பிரோமியா (Peperomia) போன்ற தாவரங்களில் புறத்தோலோ அதனை அடுத்துள்ள திசுக்களோ, நீரைத் தேக்கி வைக்கக்கூடிய செல்களாகத் திரிபடைகின்றன.



படம் 14.

நீர் சேமிப்புத் திசுவுள்ள இலைகளின் குறுக்கு வெட்டு—பகுதியின் பெரிதாக்கம்.
(1) *ஃபைகஸ் ரெலிஜியோசா (அரசு).*
(2) *பெப்பெரோமியா.*

5. **ஸ்டோமாக்களில் மாற்றம்:** புறத்தோலின் வழியாகத் தாவரத்திலிருந்து வெளியேறும் நீரின் பெரும்பகுதி ஸ்டோமாக்களின் வழியாகவே செல்லுகிறது. ஸ்டோமாக்கள் மூடிக் கொள்ளுவதால் அவற்றின் வழியாக நீர் வெளியேறுவது தடுக்கப்படுமென்றாலும், ஒளிச்சேர்க்கை, சுவாசித்தல் முதலிய மற்ற இன்றியமையாத உயிர்க்கிரியைகளுக்குத் தேவைப் படும் காற்றோட்டம் ஸ்டோமாக்களின் வழியாகவே பெரும்

பாலும் நடைபெற வேண்டியுள்ளதால் ஸ்டோமாக்கள் சதா மூடியிருக்க முடியாது. எனவே, ஸ்டோமாக்கள் திறந்திருந்தாலும் அவற்றின் வழியாக வெளியேறும் நீரினளவைக் குறைப்பதற்கான அமைப்புகளே வறட்சித் தாவரங்களின் ஸ்டோமாக்கள் பெறுவதவசியமாகும். நடைமுறையில் காணப்படும் ஸ்டோமா மாற்றங்கள் அவற்றின் எண்ணிக்கையையும், அமையிடத்தையுமே பொருத்ததாக உள்ளன. ஆனால், ஏற்கனவே சொன்னபடி ஸ்டோமாக்கள் அடர்த்தி மிகுந்தே காணப்படுகின்றன. எனவே நீரிழப்பைக் குறைக்கும் சாதனமாக வறட்சித் தாவரங்கள் ஸ்டோமாக்களின் அடர்த்திக் குறைப்பைப் பயன்படுத்துவதில்லை யென்றே சொல்லலாம்.

அமைவிடத்தைப் பொருத்தவரை, வெய்யிலுக்கு நேரடியாக இலக்காகாத கீழ்ப்பரப்பில் ஸ்டோமாக்கள் அதிக எண்ணிக்கையில் காணப்படுகின்றன. மற்றும் ஸ்டோமாக்கள் வெளிப்பரப்பிலிருந்து உள்ளே ஆழ்ந்தும் இருக்கின்றன(படம்13). தனி ஸ்டோமாவோ அல்லது கும்பலான பல ஸ்டோமாக்களோ இவ்வாறு ஆழ்ந்திருக்கலாம். பல ஸ்டோமாக்கள் ஆழமான குழியில் அமைந்திருக்கும்போது, அநேகமாக இக்குழிகளில் அரளியில் காணப்படுவதுபோல் (படம் 13) பல நுண்மயிர்கள் வளர்ந்து நிரம்புகின்றன.இதனால் ஸ்டோமாக்கள் வெளிக்காற்றிலிருந்தும்,வெப்பத்திலிருந்தும் மேலும் நன்கு மறைக்கப்படுவதால் நீரிழப்பு வெகுவாகக் குறைகிறது. புற்கள், சவுக்கு முதலியவற்றில் காணப்படுவதுபோல் ஸ்டோமாக்கள் நேராக நீண்ட பள்ளங்களில் வரிசையாக அமைந்திருப்பதாலும் மேற்கூறிய விளைவு ஏற்படுகிறது. தனிப்பட்டு ஆழ்ந்திருக்கும் ஸ்டோமாக்களில் காப்புச் செல்களுக்கு மேலாகக் கியூட்டிகிளானது நீண்டு அறைபோல் வளர்ந்து நீரிழப்பை மேலுங் குறைக்கிறது.

6. **குளோரங்கைமாவில்** (Chlorenchyma) **மாற்றம்:** இலையின் மீசோபில்லில் (Mesophyll) பேலிசேட் திசு அதிகரித்தால், செல்லிடைவெளிகள் கணிசமான அளவு குறைந்து நீர் வெளியேறுதல் குறைகிறது. எனவே, அநேக வறட்சித் தாவரங்களில் பேலிசேட் திசு அதிகரித்து இரண்டு மூன்று அடுக்குகளாக அமைந்திருக்கிறது. ஸ்பாஞ்சித் திசு (Spongy tissue) அதற்கேற்றாற்போல் குறைந்து காணப்படுகிறது. மற்றும் பல வறட்சித் தாவரங்களில் புறத்தோலுக்கும் மீசோபில்லுக்குமிடையே பிரத்தியேகமான நீர் சேமிப்புத் திசுக்கள் அடுக்கடுக்காகக் காணப்படுகின்றன.

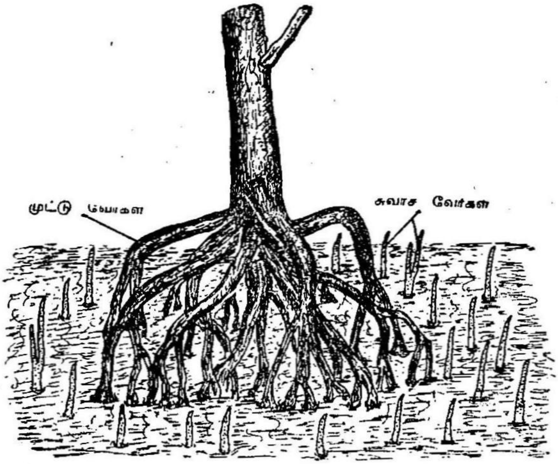
வறட்சித் தாவரங்களின் வேரிலம் தண்டிலத்தைவிட நீளமாகவும், அதிக பரப்பளவுள்ளதாகவும் இருக்கிறது. வேர்கள் தடித்து அதிக தண்ணீரைச் சேமித்து வைத்துக்கொள்ள ஏதுவாகின்றன. ஏராளமான வேர்த்தூவிகள் வேர்நுனிகளின் பின் வெகுதூரம்

அமைந்துள்ளன. சில தாவரங்களில் வேர்த்தூவிகளின் செல்சுவர் தடித்து உறுதியாக இருக்கிறது.

பொதுவாக வறட்சித் தாவரங்களின் வேரிலம் ஆழமாக வளர்ந்திருக்கும். ஆனால், சப்பாத்திகள் இதற்கு விதிவிலக்காகும். இவற்றின் வேரிலம் அதிகமாகக் கிளைத்து, வேர்கள் மெலிந்து மண்ணின் மேல் பரப்புக்குச் சற்றுக் கீழே கிடைமட்டமாகப் பரவி இருக்கிறது. இதனால் சொற்ப மழை பெய்தாலும், மழைநீர் விரைவில் வேர்களை அடைந்து உறிஞ்சப்பட்டுச் சதப்பையான தண்டில் சேமித்து வைக்கப்பட ஏதுவாகிறது. இப்படிப்பட்ட தாவரங்கள் மேலாவுண்ணிகள் (Surface feeders) எனப்படுகின்றன.

நீர்தரா வாழிடத் தாவரங்கள் :

1. **உப்புநிலத் தாவரங்கள்:** உப்புநிலத் தாவரங்கள் பொதுவாகச் சதப்பையானவைகளாகும். ஆனால், நீரறு வாழிடத்தின் சதப்பைத் தாவரங்களை விட இவற்றின் செல்களின் சவ்வூடு பரவழுத்தம் மிக அதிகமாக இருக்கிறது. உதாரணமாக சீரியஸ் (Cereus), சப்பாத்தி (Opuntia) முதலிய நீரறுவாழிடத் தாவரங்களின் சவ்வூடுபரவழுத்தம் 5 முதல் 7 வளிவெளிகளாகும் (Atmospheric pressure). ஆனால், சாலிகோர்னியா (Salicornia), அவிசீனியா (Avicennia) முதலிய நீர்தரா வாழிடந் தாவரங்களின் சவ்வூடுபரவழுத்தம் 30 மடங்குக்கும் அதிகமான வளிவெளிகளாகும்.



படம் 15
மாங்ரூவ் தாவர வேர்கள்.

குளிர் மண்டலங்களில் வாழும் உப்பு நீர்ச் சதுப்புத் தாவரங்களும், வெப்ப மண்டலங்களில் காணப்படும் மாங்ரூவ் (Mangrove)

தாவரங்களும், நெய்தல் தாவரங்களும் உப்பு நிலத் தாவரங்களா கும். மாங்குருவ் தாவரங்கள் அநேக வறட்சித் தகவமைவுகளைக் கொண்டுள்ளன. அவை நிரந்தரப் பசுமை யிலைகளையும், இலைகளில் நீர் சேமிப்புத் திசுவையும், அபரிமிதமான பாலிசேடையும், தடித்த கியூட்டிகிளையும் கொண்டுள்ளன. பெரும்பாலும் அவற்றின் தண்டு, கிளைகள் முதலியவற்றின் அடிப்பகுதியிலிருந்து வேர்கள் வளர்ந்து வலை போன்று பின்னிக்கொண்டு நிலத்தினுள் ஊன்றி யிருக்கின் றன. இவற்றில் பல, முட்டுகள்போல் வளைந்து தண்டைத் தாங்கி நிற்கின்றன. நீரில் ஆழ்ந்த பாகங்களிலிருந்து பிரத்தியேகமான சுவாச வேர்கள் (Breathing roots), புவி ஈர்ப்புக்கு எதிராக வளர்ந்து சதுப்பு நில மட்டத்துக்குமேல் நீட்டிக்கொண்டுள்ளன (படம் 15). இச் சுவாசவேர்களின் நுனிகளில் வேரிலத்துக்கும் வெளிவளிக்கும் காற்றுப் பரிமாற்றத்துக்கான நுண்புழைகள் அநேகம் உள்ளன.

2. **காடி நிலத்தாவரங்கள்** : இவை குளிர் மண்டலங்களிலுள்ள இலைமட்கு நிறைந்த பள்ளங்களில் வாழும் தாவரங்களாகும். இப் பள்ளங்களில் தண்ணீர் வடிய முடியாததாகையால் காற்றோட்டம் குறைந்து, அங்கு வாழும் நுண்ணுயிர்களின் வளியறுயிர்ப்பால் (Anaerobic respiration) கார்பன்டை ஆக்சைடும், மட்காத அல்லது குறைமட்கான கரிப்பொருள்களும் நிறைந்துள்ளன. இதனால் காடித் தன்மை அதிகரித்துத் தாவரங்களுக்கு நச்சாகும் பொருள்களும் குழுமுகின்றன. இத்தகைய வாழிடங்கள் தாவர வளர்ச்சியை எவ் வாறு பாதிக்கின்றன என்பது இன்னும் தெளிவாக அறியப்பட வில்லை. ஆனால், அங்குள்ள காடி மிகுதியானது தாவரங்கள் இயல் பாக நீருறிஞ்சக்கூடாமல் தடுக்கக்கூடிய ஒரு முக்கிய அமிசமென்று தெரிகிறது. குறிப்பாக இப்பள்ளங்களில் வாழும் ஒரு தாவரம் **ஸ்பேக்னம்** (Sphagnum) என்னும் மாசாகும். மற்றும் ஆர்க்கிடுகளும் (Orchids), பூச்சியூண்ணித் தாவரங்களும் (Insectivorous plants), **வாக்சினியம்** (Vaccinium), **கேமோடாப்னி** (Chemodaphne) முதலிய மலர்த் தாவரங்களும் அங்கு வளருவனவாகும். இவை யாவும், குறிப்பாக மலர்த்தாவரங்கள், மிகுந்த வறட்சித் தகவமைவுகளைக் கொண்டுள்ளன.

3. **குளிர் நிலத்தாவரங்கள்:** அதிகக் குளிரான குளிர் மண்டலத் திலும், உயர்ந்த மலையுச்சிகளிலும் வாழும் ஊசியிலைத் தாவரங்கள் இப்பிரிவில் அடங்குவனவாகும். இலையின் பரப்புக் குறைதல், ஸ்டோமாக்கள் உள்ளாழ்தல், கியூட்டிகிள் தடித்தல், பட்டை தடித் திருத்தல் ஆகிய நனிவறட்சித் தகவமைவுகளை இவைகள் பெற்றுள் ளன. இவற்றின் வாழிடத்துக்கும் வறட்சிப் பண்புகளுக்கும் உள்ள

காரணத் தொடர்பு யாதெனத் தெளிவாகத் தெரிபவில்லை. ஆயினும் இது பற்றிய மூன்று அமிசங்கள் முக்கியத்துவமுடையனவாகக் கருதப்படுகின்றன.

1. மண்ணின் தாழ்ந்த வெப்பம் வேர்கள் நீருறிஞ்சும் வேகத்தைக் குறைக்கின்றன.

2. ஊசியிலை மரங்களின் சைலத்தில், சைலக்குழல்களற்று, டிராக்கிடுகள் (tracheids) மட்டும் இருப்பதால், சைலக்குழல்களுடைய தாவரங்களைவிட மெதுவாகவே இவற்றின் சைலத்தின் வழியாகத் தண்ணீர் கடத்தப்படும்.

3. மண்ணின் காற்றோட்டப் பற்றுக்குறையால் வேர்களின் செயல்திறன் குறைந்து மண்ணின் காடித்தன்மை அதிகரிக்க ஏதுவாகலாம்.

இம் மூன்று காரணங்களால் நிலத்தில் தண்ணீர் நிறைந்திருந்தாலும் இலைகளுக்கும் போதுமான தண்ணீர் கிடைப்பதரிதாகிறது. எனவே, இத்தாவரங்கள் வறட்சித் தகவமைவுகளைக் கைக்கொள்ள வேண்டியுள்ளது.

மரபியல்

(HEREDITY)

மரபியல்

(HEREDITY)

சந்ததியின் பண்புகள் பெரும்பாலும் பெற்றோரின் பண்புகளைப் பொறுத்தே அமைகின்றன என்பதைக் குறிக்கும். ''தாயைப் போலப் பிள்ளை,'' ''புலிக்குப் பிறந்தது பூனையாகுமா'' என்ற பழமொழிகள் ஆதிகாலந் தொட்டே இவ்வுண்மையை மக்கள் அறிந்திருந்தார்கள் என்பதற்குச் சான்றுகளாகும். ஆனால், பெற்றோரின் பெரும்பான்மையான பண்புகள் எப்படிச் சந்ததிகளில் ஏற்படுகின்றன என்பதைப் பற்றி அவர்கள் அறிந்திருந்ததாகத் தெரியவில்லை.

மரபியலின் அடிப்படை விளக்கங்கள் கி.பி. 1865 ஆம் ஆண்டு தான், மெண்டல் என்று சுருக்கமாகக் குறிப்பிடப்படும் ஜொஹன் கிரிகர் மெண்டல் (Johnan Gregor Mendel) என்ற ஆஸ்திரிய நாட்டுப் பாதிரியால் முதலில் வெளியிடப்பட்டன. ஆனால், அம் மகத்தான விளக்கங்களை அன்று ஒருவரும் புரிந்துகொண்டு பாராட்டவில்லை. 35 ஆண்டுகள் மெண்டலின் அரிய விளக்கங்கள் உயிரியலுலகின் பொதுவான கவனத்துக்கு வராமல் மறைந்து கிடந்தன. 1900 ஆம் ஆண்டில் டச்சுக்காரராகிய ஹ்யூகோ டிவ்ரிஸ் (Hugo de vries) ஜெர்மானியரான காரென்ஸ் (Correns) பெல்ஜிய நாட்டினரான செர்மார்க் (Tschermark) என்ற மூன்று உயிரியலார் மெண்டலின் ஆராய்ச்சியைப் பற்றி அறியாமல் தாமாகச் செய்த ஆராய்ச்சிகளின் பயனாக மெண்டல் வெளியிட்ட அதே விளக்கங்களைத் தனித் தனியாகக் கண்டறிந்தார்கள். ஆனால், தாம் செய்துள்ள ஆராய்ச்சிகளுக்கு முன்னோடியான ஆராய்ச்சிகள் ஏதாவது உளவா என அவர்கள் இதுபற்றிய பழைய இலக்கியங்களைத் தேடிப் பார்த்த பொழுது மெண்டலின் கட்டுரையைக் கண்ணுற்றுத் தாம் புதிதாகக் கண்டறிந்ததாக எண்ணிய உண்மைகளை 35 ஆண்டுகளுக்கு முன்பே மெண்டல் மிகத் தெளிவாக விளக்கியிருப்பதைக் கண்ணுற்றார்கள். இவ்வாறு ஒரே சமயத்தில் மூவரால் திருப்பிக் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட மெண்டலின் விளக்கங்களை அம்மூவரும் தமது கட்டுரைகளில் குறிப்பிட்டு மெண்டலின் மகத்துவத்தை அறிவியலுலகுக்கு அறிவித்

தார்கள். உடனே மெண்டலின் பெருமையும் அவருடைய விளக்கங்களின் சிறப்பும் உயிரியலுலகுக்குப் புலனுயிற்று. அது முதல் மெண்டலின் விளக்கங்களை அடிப்படையாகக் கொண்ட மரபியல் உயிரியலின் ஒரு தனித் துறையாக உருவாகி வெகு வேகமாக வளரத் தொடங்கியது.

மரபியலின் தந்தையான மெண்டல் ஆஸ்திரியா நாட்டில் மொராவியா (Moravia) என்னும் ஊரில் 1822ஆம் ஆண்டு பிறந்தார். 1840 இல் பட்டப்படிப்பை முடித்துவிட்டு 1843 இல் பிரன் (Brun) நகரில் ஆகஸ்தினியன் மடத்தில் (Augustinian mcnastry) கிரிகர் என்ற பெயர் பூண்டு பாதிரியாவதற்காகச் சேர்ந்து 1848 இல் பாதிரியானுர். பிறகு 1851 இல் பிரன் நகரைவிட்டு, வியன்ன பல்கலைக் கழகத்தில் மேற்படிப்புக்காகச் சென்ருர். 1854 இல் வியன்னுவிலிருந்து திரும்பியபிறகு பிரன் நகரில் ஒரு பள்ளியில் பௌதிகமும், இயற்கைப் பாடமும் கற்பிக்கும் ஆசிரியராகப் பணியாற்றத் தொடங்கினுர். 1856ஆம் ஆண்டு தான் அவர் பட்டாணிச்செடியின் மரபைப்பற்றிய ஆராய்ச்சியைத் தமது மடத்தின் தோட்டத்தில் தொடங்கினுர். 1862இல் பிரன் நகரில் அவருடைய முயற்சியால் உருவான இயற்கையறிவியல் கழகத்தில் கால்கோளங்கத்தினரானுர். அதே கழகத்தில் ஆறு ஆண்டுகள் ஆராய்ச்சிக்குப் பிறகு பட்டாணிச் செடிகளின் மூலம் தாம் அனுமானித்த மரபியல் விதிகளைப்பற்றிய சொற்பொழிவை 1865ஆம் ஆண்டு நிகழ்த்தினுர். அது அக்கழகத்தின் சஞ்சிகையில் ‘‘தாவரங்களில் கலப்புக் கருவுறுத்தும் சோதனைகள்’’ என்ற தலைப்பில் வெளியிடப்பட்டது.

படம் 16
ஜொஹன் கிரிகர் மெண்டல்.

அந்நாளில் தலைசிறந்த தாவரவியல் பேராசிரியராகப் புகழ் பெற்றிருந்த நேகலி (Nageli) என்ற ஜெர்மானியருக்கு மெண்டல் தமது கட்டுரையின் பிரதியை அனுப்பி, அத்துடன் கடிதமும்

எழுதித் தனது ஆராய்ச்சி முடிவுகளைப்பற்றி அவருடைய அபிப்பிராயத்தைக் கேட்டார். ஆனால், மெண்டலினுடைய ஆராய்ச்சியின் பெருமையை நெகலி உணரவில்லை. ஆகவே, அவர் அவற்றை அசட்டை செய்ததுமல்லாமல் மற்றும் பல தாவரங்களை வைத்து ஆராய்ச்சியைத் தொடர்ந்து நடத்துமாறு மெண்டலுக்கு எழுதி ஹீரேசியம் (Heiracium) என்னும் தாவரத்தைச் சிபார்சு செய்தார். இத்தாவரம் கருவுறலின்றியே சந்ததிகளை யுண்டாக்கும் தன்மை பெற்றதென்பதை ஒருவரும் அந்நாளில் அறியார். ஆகவே,மெண்டல் அதன் மீது நடத்திய சோதனைகளெல்லாம் அவர் முன்பு அனுமானித்திருந்த விதிகளை உறுதிப்படுத்துவனவாக இல்லை. இதற்கிடையில் 1868 ஆம் ஆண்டில் அவர் தமது மடத்தின் தலைவராகத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டார். அதன் பிறகு அவருக்குத் தமது ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்ந்து நடத்தப் போதிய அவகாசம் கிடைக்கவில்லை. மாறாக அரசாங்கம் அம் மடத்தின் மீது விதித்த வரிகளை எதிர்த்துப் போராடுவதில் தனது கவனத்தைச் செலுத்த வேண்டியதாயிற்று. இவ்வாறாகத் தனது மகத்தான அறிவியல் அனுமானங்களை உயிரியலுலகும், மற்றோரும் அறிந்து பாராட்டு முன்னரே 1884இல் மெண்டல் இறந்தார்.

மெண்டலின் ஆராய்ச்சிகளும் அவர் கண்ட முடிவுகளும் என்னவென்று இனிப் பார்ப்போம். முதலில் மெண்டல் வெவ்வேறு வெளிப் பண்புகளைக் கொண்ட பட்டாணி ரகங்களைச் சேகரித்தார். உதாரணமாக சில ரகங்களில் முதிர்ந்த விதைகளின் மேல் தோல் சுருங்கியும், மஞ்சள் நிறமாயும், மற்றவைகளில் மேல்தோல் மழ மழப்பாகவும் பச்சை நிறமாகவும், சில உயரமாக வளருவனவாகவும் சில குறுகியவையாகவும் இருந்தன. இப்படிப், பண்பு வேறுபாடுடைய 34 ரகங்களைச் சேர்த்தார். பிறகு ஒரே பண்பில் இருவேறியல்புடைய ஜதைகளாக அவற்றை வகைப்படுத்தினார். அதாவது முதிர்ந்த விதை மஞ்சள் நிறமாக இருப்பதும், பச்சை நிறமாக இருப்பதும் விதை நிறமென்னும் ஒரே பண்பின் இருவேறியல்புகளாகும். இவற்றில் ஏதாவதோர் இயல்புதான் ஒரு சமயத்தில் காணப்படமுடியுமேயல்லாமல் இரண்டும் ஒன்றாக இருக்கமுடியாது. இப்படி இருவேறியல்புடைய ஏழு பண்புகளைப் பெற்ற பதினான்கு ரகங்களை மெண்டல் தேர்ந்தெடுத்தார். அவற்றில் சில வருமாறு:

1. குறுகிய செடிகள் — நீண்ட செடிகள்
2. சிகப்பு மலர்கள் — வெள்ளை மலர்கள்
3. சுருங்கிய விதைகள் — மழ மழப்பான விதைகள்
4. மஞ்சள் விதைகள் — பச்சை விதைகள்

பட்டாணியானது இயல்பாகச் சுயமகரந்தச் சேர்க்கையால் தற் கருவுற்று விதைகளையுண்டாக்கும் தாவரமாகும். ஆகவே ஒரு குறிப் பிட்ட பண்பினை (உம். மஞ்சள் நிற விதைகள்) யுடைய ரகத்தோடு அதன் மாற்றுப்பண்பு (பச்சை நிற விதைகள்) இயல்பாக வந்து கலப்பதற்கு ஏதுவில்லை. இதனால் ஒரு குறிப்பிட்ட பண்பினையுடைய ரகத்தின் பரம்பரைகளில் இயற்கையாக அதே பண்புமட்டும் தொடர்ந்து காணப்படுமேயன்றி அதன் மாற்றுப்பண்பு காணப்படுவ தில்லை. இதை உறுதிப்படுத்தும் பொருட்டு மெண்டல் தமது பதி னன்கு ரகங்களையும் பல தலைமுறைகள் தொடர்ந்து பயிரிட்டுப் பார்த்து ஒரு ரகத்தின் குறிப்பிட்ட பண்பு அதன் பரம்பரைகளில் மாருமல் தொடருவதையும், அந்த ரகத்தின் ஒரு செடியில் கூட மாற்றுப்பண்பு தோன்ருததையும் நிச்சயப்படுத்திக் கொண்டார்.

பிறகு மெண்டல் தாம் எடுத்துக் கொண்ட பிரச்சினையை நுணுக்கமாக மனதில் அலசி, மயக்கமோ, திரிபோ ஏற்பட முடியாத முடிவுகள் வந்தெய்தும் வண்ணம் தமது சோதனையைத் தொடங் கினர். அதாவது ஒரே பண்பின் இருவேறியல்புகளையுடைய இரண்டு ரகங்களில் சுயக்கருவுறலைத் தடுத்து இரண்டு ரகங்களையும் கலப்புக் கருவுறச் செய்தால் அதனலுண்டாகும் சந்ததிகளில் அப்பண்பு எவ் வாறு காணப்படும் என்பதைக் கண்டறிய முற்பட்டார். அக் குறிப் பிட்ட பண்பையல்லாமல் அவ்விரண்டு ரகங்களின் மற்றப் பல்வேறு பண்புகளில் கலப்புக் கருவுறலால் என்ன நேருகிறது என்பதைக் கவனிக்கக் கூடாது என்று தீர்மானித்தார். அதுவுமன்றி ஒவ்வொரு ரகத்திலும் ஒரே ஒரு செடியை மட்டும் வைத்துச் சோதனை செய்யா மல் நூற்றுக்கணக்கானவற்றை வைத்துச் சோதனை செய்வதே பயன் தரக் கூடும் என்றும் அனுமானித்தார்.

தாம் தேர்ந்தெடுத்த ஏழு பண்புகளிலும் இருவேறியல்புடைய ரகங்களில் சுயமகரந்தச் சேர்க்கையைத் தடுத்து, ரகங்களிடையே அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை செய்வித்தார். இக்கலப்பால் பெறப்பட்ட விதைகளைச் சேகரித்து அவற்றை நட்டு முதற் கலப்புத் தலை முறையை வளர்த்தார். இத் தலைமுறையில் ஏழு பண்புகளிலும் இரு வேறியல்புகளில் ஒரே ஓர் இயல்புமட்டுமே காணப்பட்டது. மாற் றியல்பு மறைந்துவிட்டது. உதாரணமாக, சிகப்பு நிற மலருடைய ரகத்தையும், வெள்ளை நிற மலருடைய ரகத்தையும் கலப்புறச் செய்து தோன்றிய முதல் கலப்புச் சந்ததியில் எல்லாச் செடிகளிலும் சிகப்பு மலர்களே தோன்றியதன்றி வெள்ளை மலர்கள் ஒரு செடியில் கூட தோன்றவில்லை. இதிலிருந்து மெண்டல் அனுமானித்ததென்ன வென்ருல், ஒரே பண்பின் இருவேறியல்புகள் ஒன்று சேரும் பொழுது

அவற்றில் ஏதாவதொரு இயல்புமட்டும் ஓங்கி நின்று மற்றதை ஒடுங்கி மறையச் செய்கிறது என்பதாம்.

அடுத்தபடியாக மெண்டல் முதற்கலப்புத்தலைமுறையில் ஒடுங்கி மறைந்த இயல்பு நிரந்தரமாக மறைந்துவிடுமா அல்லது அடுத்த தலைமுறையில் தலைகாட்டுமா என்று காணவிரும்பினர். இதற்காக முதற் கலப்புத் தலைமுறையில் சுய மகரந்தச் சேர்க்கையிலுண்டான விதைகளைக் கவனமாகச் சேகரித்து நட்டு இரண்டாங் கலப்புத் தலை முறையை வளர்த்தார். முதற் கலப்புத் தலைமுறையில் ஒடுங்கி மறைந்த இயல்பு இரண்டாங் கலப்புத்தலைமுறையில் சில செடிகளில் தோன்றியது. மற்றச் செடிகளில் ஓங்கியல்பு தோன்றியது. இதைக் கண்ட மெண்டல் எத்தனை செடிகளில் ஒடுங்கியல்பு தோன்றுகிற தென்பதையும், எத்தனை செடிகளில் ஓங்கியல்பு தோன்றுகிற தென் பதையம் எண்ணிப்பார்த்தார். ஓங்கியல்பு தோராயமாக நான்கில் மூன்று பங்கு செடிகளிலும் ஒடுங்கியல்பு தோராயமாக நான்கில் ஒரு பங்கு செடிகளிலும் தோன்றுவதைக் கண்டார். இரண்டாங் கலப் புத் தலை முறையில் ஓங்கியல்பும் ஒடுங்கியல்பும் அவ்வாறு ஒரு குறிப் பிட்ட விகிதத்தில் மட்டும் தோன்றக் காரணமென்ன வென்று மென் டல் சிந்தித்தபோது மரபியலிலேயே மிக முக்கியமானதாகக் கருதப் படும் விளக்கம் அவருக்குத் தோன்றியது.

அவ்விளக்கமாவது:

தாவரத்தின் உடலில் அதன் ஒவ்வொரு பண்புக்கும் இரண்டு இயல்பிகள் காரணமாகின்றன. தாவரத்தின் உடலில் ஒன்றுசேர்ந்து இருக்கும் இரண்டு இயல்பிகளும், கலவிஇனவிருத்திக் (Sexual repro-duction) காகக் கேமீட்டுகள் (Gametes) உண்டாகும்போது தனித் தனியாகப் பிரிந்து ஒவ்வொரு இயல்பியும் ஒரு கேமீட்டுக்குப் போகி றது. ஆகவே எந்த ஒருகேமீட்டும் ஒரு பண்பின் இரு இயல்பிகளில் ஏதாவதொன்றைப் பெறமுடியுமே யல்லாமல் இரண்டையும் பெறமுடி யாது. இயல்பிகளிரண்டும் சரிசமமான எண்ணிக்கையிலிருக்கு மாகையால் ஒரு இயல்பியைப்பெறும் கேமீட்டுகளின் எண்ணிக்கை, மாற்றியல்பியைப் பெறும் கேமீட்டுகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமா கவே இருக்கவேண்டும். கருவுறலில் இரு கேமீட்டுகள் ஒன்று சேரும்போது இயல்பிகளிரண்டும் ஒன்று சேர்ந்துகொள்ளுகின்றன.

முதல் கலப்புத் தலைமுறையில் ஓங்கியல்பு மட்டும் தோன்று வதையும் இரண்டாங்கலப்புத் தலைமுறையில் ஓங்கியல்பும் ஒடுங்கி யல்பும் 3:1 என்ற விகிதத்தில் தோன்றுவதையும் மேற் சொன்ன விளக்கம்விளக்குகிறதாஎன்றுபார்ப்போம்.ஒருபண்பின்ஒரேஇயல்பை

மட்டும் பல தலை முறைகள் தொடர்ந்துகாட்டும் ரகத்தில் அப்பண்புக்கான இரு இயல்பிகளும் ஒரே இயல்பினவாகும். உதாரணமாகச் செந்நிற மலர்களையே உண்டாக்கும் ரகத்தில் மலரின் நிறப் பண்புக்கான இரு இயல்பிகளும் செந்நிற இயல்பிகளேயாகும். அதேபோல் செந்நிறத்தின் மாற்றியல்பான வெண்ணிற மலர்களை உண்டாக்கும் ரகத்தின் மலர் நிற இயல்பிகளிரண்டும் வெண்ணிற இயல்பிகளாகும். இப்படிப்பட்ட ரகத்தின் கேமீட்டுகள் யாவும் மலர் நிறத்தைப் பொருத்தவரை ஒரே தன்மையினதாகவே அமையும். அதாவதுசெந்நிற மலர் ரகத்தின் கேமீட்டுகளொவ்வொன்றிலும் ஒரு செந் நிற இயல்பியும், வெண்ணிற மலர் ரகத்தின் கேமீட்டுகளொவ்வொன்றிலும் ஒரு வெண்ணிற இயல்பியும் இருக்கும். தற்கருவுறலின்போது செந்நிற மலர் ரகத்தில் செந்நிற இயல்பிகளும், வெண்நிற மலர் ரகத்தில் வெண்ணிற இயல்பிகளும் ஜோடி சேர்ந்து தாய்த் தாவரத்தின் பண்புகளையே அடுத்த தலை முறையிலும் தொடர்ந்து பல தலை முறைகளிலும் தோற்றுவிக்கின்றன. இப்படிப்பட்ட ரகங்கள் அப்பண்பைப் பொருத்தவரை தூய ரகங்களாகும்.

ஒரு பண்பின் இருவேறியல்புகளையுடைய இரண்டு தூயரகங்கள் கலப்புக் கறுவுறும்போது வெவ்வேறியல்பினை யுடைய கேமீட்டுகள் ஒன்று சேருகின்றன. இதனாலுண்டாகும்முதல் கலப்புத்தலைமுறையில் இரண்டு மாற்றியல்பிகளும் சேர்ந்திருந்தாலும், ஒரு இயல்பு ஓங்கு தன்மையும் மற்றொன்று ஒடுங்கு தன்மையும் பெற்றிருப்பதால் அப்பண்பின் ஓங்கியல்பு மட்டுமே வெளித் தோன்றுகிறது. ஒடுங்கியல்பு மறைந்திருக்கிறது. (மலர் நிறத்தில் செந்நிறம் ஓங்கியல்பையும், வெண்ணிறம் ஒடுங்கியல்பையும் உடையதாகையால் முதல் கலப்புத் தலைமுறையின் மலர்கள் யாவும் செந்நிறமுடையனவாக உள்ளன) இக் கலப்புச் செடி கேமீட்டுகளை உண்டாக்கும்போது அதிலிருக்கும் இருவேறியல்புகளும் தனித்தனியாகப் பிரிந்து வெவ்வேறு கேமீட்டுகளுக்குப் போகுமாதலால் இரண்டு வித கேமீட்டுகள் சம எண்ணிக்கையில் உண்டாகின்றன. அதாவது பாதி கேமிட்டுகள் ஓங்கியல்பையும், பாதி ஒடுங்கியல்பையும் கொண்டிருக்கும். இவ்விரண்டும் கருவுறலில் சேரும்போது நான்கு விதமான சேர்க்கைகள் ஒன்றுக்கொன்று சமமான எண்ணிக்கையில் ஏற்பட ஏதுவாகிறது :

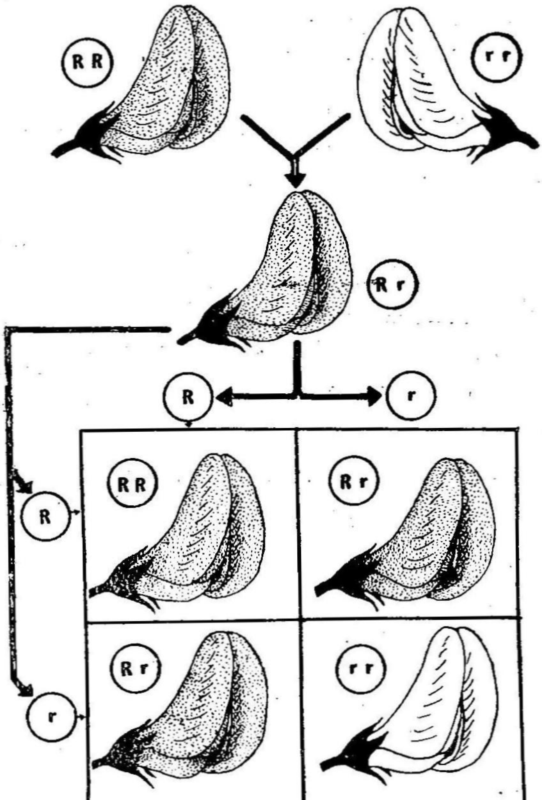
1. ஓங்கியல்பு ஆண் கேமீட் ஓங்கியல்பு பெண் கேமீட்டுடன் சேருவது.

2. ஓங்கியல்பு ஆண் கேமீட் ஒடுங்கியல்பு பெண் கேமீட்டுடன் சேருவது.

3. ஒடுங்கியல்பு ஆண் கேமீட் ஓங்கியல்பு பெண் கேமீட்டுடன் சேருவது.

4. ஒடுங்கியல்பு ஆண் கேமீட் ஒடுங்கியல்பு பெண் கேமீட்டு டன் சேருவது.

இயல்பிகளைக் குறியீட்டால் குறிப்பிட்டால் மேற் சொன்ன வற்றை மேலும் தெளிவாகக் கட்டவணைமூலம் விளக்கலாம். எம்



படம் 17.
ஓரியல்பு கலப்புக் கட்டவணை

மொழியினராயினும் இயல்பிகளை ஆங்கில எழுத்துகளினால் குறிப் பிடுவது அறிவியலாரால் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்ட அனைத்துலக வழக்க மாகும். மற்றும் ஓங்கியல்பை ஆங்கிலத்தின் பெரிய எழுத்தாலும் ஒடுங்கியல்பை அதே எழுத்தின் சிறிய எழுத்தாலும் குறிப்பிடுவது

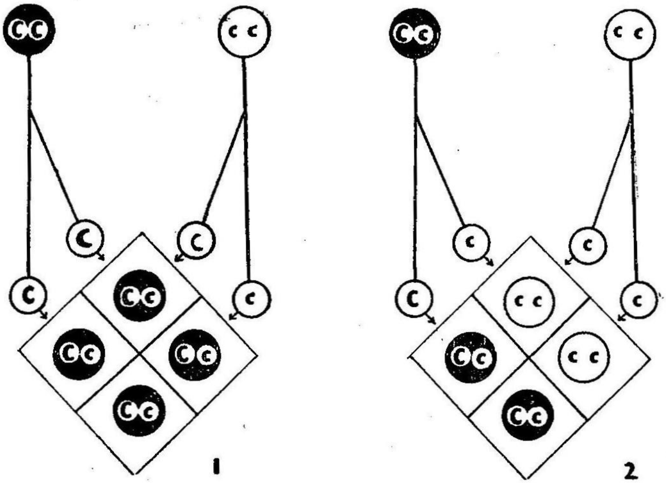
வழக்கமாகும். இப்போது மலர் நிறப்பண்பை எடுத்துக் கொள்ளு வோம். செந்நிற இயல்பைR(Red) என்றும், வெண்ணிற இயல்பை r (white) என்றும் குறிப்பிடலாம். தூய செந்நிற ரகத்தில் இயல்பி களிரண்டும் R R என்றும் தூயவெண் நிற ரகத்தில் rr என்றும் இருக் கின்றன. தூய செந்நிற ரகத்தின் கேமீட்டுகள்யாவும் R ஆகவும், தூய வெண்ணிறரகத்தின் கேமீட்டுகள் யாவும் r ஆகவும் இருக்கும். இவை தற்கருவுறும்போது RR என்ற தூய செந்நிற ரகமும் rr என்ற தூய வெண்ணிற ரகமும் மீண்டும் தோன்றுகின்றன. ஆனல், இவ்விரண்டு தூய ரகங்களும் கலப்புக் கருவுறும்போது கலப்புச் செடியின் இயல்பிகள் Rr ஆகிறது. இது கேமீட்டுகளை உண்டாக் கும்போது R இயல்புடைய கேமீட்டுகளும் r இயல்பையுடைய கேமீட்டுகளும் சம எண்ணிக்கையில் உண்டாகின்றன. கருவுறும் போது இவ்விருவகை கேமீட்டுகளும் கீழ்க்கண்ட கட்டவணைப்படி (படம் 17) ஒன்றுக் கொன்று சமமான எண்ணிக்கையில் நான்கு விதங்களில் சேர ஏதுவாகிறது.

நான்கு விதச் சேர்க்கைகளால் உண்டாகும் செடிகளில் RR, Rr rR என்பவை மூன்றும் செந்நிற மலர்களையும், rr என்பவை மட்டும் வெண்ணிற மலர்களையும் உண்டாக்கும். அதாவது இரண்டாங் கலப்புத் தலைமுறையில் நான்கில் மூன்று பங்கு செடிகளில் ஓங்கி யல்பும் நான்கில் ஒரு பங்கு செடிகளில் ஒடுங்கியல்பும் தோன்ற ஏது வாகிறது. இதுவே மெண்டல் நிதரிசனமாகக் கண்டதாகும்.

மெண்டல் இந்த விளக்கங்களோடு திருப்தியடையாமல் தமது விளக்கம் உண்மையாயின் அதிலிருந்து சில நிகழ்ச்சிகளை முன் கூட்டியே நிதானித்துக் கூறமுடியுமா என்று காண விரும்பினர். மேற் சொன்ன விளக்கங்களின் படி இரண்டாங் கலப்புத் தலைமுறை யில் தோன்றும் $\frac{3}{4}$ பங்கு ஓங்கியல்புச் செடிகளில் $\frac{1}{3}$ பங்கு தூயரகமும் (RR) $\frac{2}{3}$ பங்கு கலப்பு ரகமும்(Rr)ஆகும். ஆனல், செடிகளைப் பார்த்து எது தூயரகம் எது கலப்பு ரகம் என்று கண்டு பிடிக்க முடியாது. எனி னும் இவற்றைத் தூய ஒடுங்கியல்பு ரகத்தோடு கலப்புக் கருவுறுத் தினல் தூய ரகச் செடி களின் அடுத்த தலைமுறைச் செடிகள் யாவும் ஓங்கியல்பையும், கலப்பு ரகச் செடிகளின் அடுத்த தலைமுறைச் செடிகளில் ஓங்கியல்புச் செடிகளும் ஒடுங்கியல்புச் செடிகளும் சம மான எண்ணிக்கையிலும் உண்டாக வேண்டும். கீழ்க்காணும் கட்ட வணைகள் இதை விளக்குவன வாகும் (படம் 18).

இதை முன்கூட்டியே தீர்மானித்த மெண்டல் அதன் பிறகு சோதனை செய்து பார்த்தபோது தீர்மானித்த படியே நிகழக் கண் டார். இச் சோதனையின் வெற்றி அவரது அனுமானங்களை உறுதிப்

படுத்தியது மல்லாமல், வெளிப் பார்வைக்கு ஓங்கியல்பிகளாகத் தோன்றும் செடிகள் தூய ஓங்கியல்பிகளா அல்லது கலப்பு ஓங்கியல் பிகளா என்று கண்டு பிடிக்கும் வழியாகவும் ஆயிற்று. இது மறித்துக் கலத்தல் (Back crossing) எனப்படும்.



படம் 18.
மறித்துக் கலப்புக் கட்டவணைகள்.

இருவேறியல்புகளைக் கொண்ட ஒரே ஒரு பண்பியை மட்டும் கருத்திற்கொண்டு தாம் செய்த கலப்புக் கருவுறுத்தும் சோதனைகளால் மரபியலைப் பற்றி மெண்டல் கண்டவற்றின் சாராம்சம் வருமாறு :

1. ஒரு தாவரம் தனித்தியங்கும் பல்வேறு பண்புகளின் கூட்டேயாகும்.
2. ஒரே பண்பு ஒன்றுக்கொன்று மாறுன இரு இயல்புகளில் காணப்படலாம்.
3. ஒவ்வொரு பண்பையும் உண்டாக்கத் தாவரத்தின் உடலில் இரண்டு இயல்பிகளுள்ளன.
4. ஒரு பண்பின் இயல்பிகளிரண்டும் ஒரே தன்மையதாகவோ வெவ்வேறு தன்மையதாகவோ இருக்கலாம்.
5. இயல்பிகளிரண்டும் வெவ்வேருக இருந்தால் அவற்றில் ஒன்று ஓங்கியல்பினதாகவும் மற்றென்று ஒடுங்கியல்பினதாகவும் இருக்கும். அப்போது தாவரத்தில் ஓங்கியல்பு மட்டும் வெளிப்படையாகத் தெரியுமேயன்றி ஒடுங்கியல்பு காணப்படாது.

6. பாலினப் பெருக்கத்துக்காகத் தாவரம் கேமீட்டுகளை உண்டாக்கும்போது ஒருபண்பியின் இயல்பிகளிரண்டும் ஒன்றை விட்டு ஒன்று பிரிந்து வெவ்வேறு கேமீட்டுகளுக்குச் செல்லுமேயல்லாமல் ஒரே கேமீட்டுக்குச் செல்லாது. எனவே எந்த ஒரு கேமீட்டிலும் ஒரு பண்பின் இயல்பிகளில் ஏதாவது ஒன்று மட்டுமே இருக்கமுடியும்.

7. ஓங்கியல்பும் ஒடுங்கியல்பும் ஒருங்கிருக்கும்போது முன்னையது பின்னையதை வெளிப்படையாகத் தோன்றவொட்டாது மறைத்தாலும், ஒடுங்கியல்பு தனது தனித்தன்மையை இழக்காமலிருந்து கேமீட்டுகளுக்குச் செல்லுகிறது.

8. ஒரு பண்பின் இரு இயல்பிகளில் ஒன்றைப் பெறும் கேமீட்டுகளும், மற்றொன்றைப் பெறும் கேமீட்டுகளும் சமமான எண்ணிக்கையில் உண்டாகின்றன.

9. கேமீட்டுகளிலடங்கிய இயல்பிக்கும், கருவுறலில் இரண்டு கேமீட்டுகள் ஒன்று சேருவதற்கும் சம்பந்தமில்லை. எந்த ஒரு ஆண் கேமீட்டும் எந்த ஒரு பெண் கேமீட்டுடனும் சேரலாம்.

மெண்டலின் அனுமானங்களுக்கு அடிப்படையா யமைந்தது செடிகளின் எண்ணிக்கையே யாகும் என்பதை இங்குக் கவனிக்க வேண்டும். இரண்டாங் கலப்புத் தலைமுறையில் ஓங்கியல்பும் ஒடுங்கியல்பும் 3:1 என்ற விகிதத்தில் தோன்றுவதைப் பல செடிகளிலிருந்து காண முடியுமே யல்லாமல் ஒன்றிரண்டு செடிகளிலிருந்து காண முடியாது. அதேபோல் முதல் கலப்புத்தலைமுறையில் உண்டாகும் இரண்டுவித கேமீட்டுகளும் கருவுறலில் ஒன்றுக்கொன்று சமமான நான்கு விதங்களில் சேருவதும் ஏராளமான சேர்க்கைகளிலிருந்து மட்டுமே பெறப்படும். ஏனென்றால் இந்நிகழ்ச்சிகள் வாய்ப்பு நிகழ்ச்சி (Chance events)களாகும். வாய்ப்பு நிகழ்ச்சிக்கு எல்லோரும் அறிந்த மற்றொரு உதாரணம் நாணயத்தைச் சுண்டித் தலையா பூவா பார்ப்பதாகும். முதல் தடவை தலை வருகிறதென்று வைத்துக்கொள்வோம். அதேபோல் எத்தனைதரம் சுண்டினாலும் தலையே வரலாம். வரக்கூடிய வாய்ப்பு உள்ளது. ஆனால், உண்மையில் நாம் நூறு தடவைகள் சுண்டிப்பார்த்தால் பூவும், தலையும் ஏறக்குறைய சமமான எண்ணிக்கையில் வருவதைக் காண்கிறோம். இரண்டு அல்லது மூன்று தடவைகள் மட்டும் சுண்டிப்பார்த்தால் எல்லாம் தலையாகவோ அல்லது எல்லாம் பூவாகவோ வரலாம். இதை வைத்துக்கொண்டு எத்தனை தடவைகள் சுண்டினாலும் முதல்

மூன்று தடவைகள் வந்ததேதான் வரும் என்று சொல்ல முடியாது. எத்தனைக்கெத்தனை அதிக தடவைகள் சுண்டுகிறோமோ அவ்வள வுக்கவ்வளவு பூவின் எண்ணிக்கையும் தலையின் எண்ணிக்கையும் சம விகிதத்துக்குச் சமீபமாகின்றன.

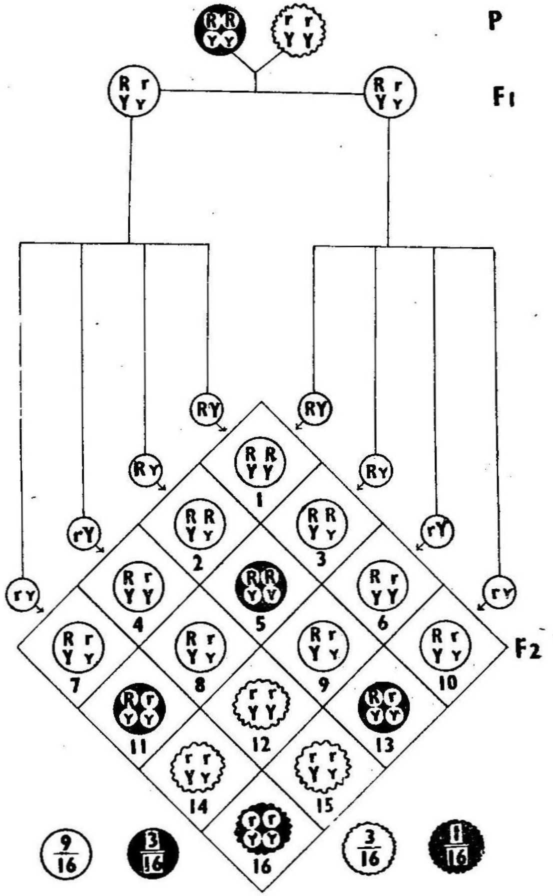
இவ்வாறு ஒன்றை யொன்று மறுதளித்து நிகழும் வாய்ப்புடைய சம்பவங்கள் வாய்ப்புச் சம்பவங்கள் எனப்படும். சம்பவங்கள் மொத்தம் இரண்டோ அல்லது அதற்கு மேல் எத்தனை வேண்டு மென்றாலும் இருக்கலாம். உதாரணமாக ஒரு நாணயத்தைச் சுண்டு வதில் தலை வருவது பூ வருவது என்ற இரண்டு சம்பவங்கள் மட்டுமே நிகழ முடியும். ஆனால், ஒரு ஐந்து பைசா நாணயம் ஒரு பத்து பைசா நாணயம் ஆகிய இரண்டு நாணயங்களை ஒரே சமயத் தில் சுண்டினால் மொத்தம் நான்கு சம்பவங்கள் நிகழும் வாய்ப் புள்ளது.

அவை 1. இரண்டிலும் தலை வருவது.
2. இரண்டிலும் பூ வருவது.
3. ஐந்து பைசாவில் தலையும் பத்து பைசாவில் பூவும் வருவது.
4. ஐந்து பைசாவில் பூவும் பத்து பைசாவில் தலையும் வருவது.

இந்நான்கில் ஏதாவதொன்றுதான் ஒரு தடவையில் நிகழ முடியும். ஆனால்,பல தடவைகள் சுண்டினால் நான்கும் ஏறக்குறைய சமமான எண்ணிக்கையில் மாறி மாறி நிகழுமேயல்லாமல், ஒன்றோ இரண்டோ மட்டும் திருப்பித் திருப்பி நிகழ்ந்து மற்றவை நிகழாம லிருக்காது.

வாய்ப்பு நிகழ்ச்சிகளைப் பற்றிய மற்றொரு முக்கிய அமிசம் என்ன வென்றால், சம்பவங்களின் வாய்ப்பிலிருந்து அவை நிகழும் விகிதத் தைச் சொல்ல முடிவதுபோல், அவை நிகழும் விகிதத்திலிருந்து வாய்ப்பைக் கண்டுபிடிக்கலாம். உதாரணமாக இரண்டு நாணயங் களை ஆயிரந்தடவைகள் சுண்டினால் இரண்டிலும் தலை வருவது 259 தடவைகள் வந்ததென்று வைத்துக்கொள்வோம். இதிலிருந்து இரண்டும் தலை வருவதன் வாய்ப்பு 259/1000 ஆகிறது. இது சுமா ராக $\frac{1}{4}$ ஆகையால் அச்சம்பவம் நிகழும் வாய்ப்பு நான்கில் ஒன்றாகும் என்று சொல்லலாம். 259 ஆனது 1000 த்தில் சரியாக நான்கில் ஒரு பங்கு அல்ல. எதிர்பார்க்கும் எண்ணிக்கையை விடச் சற்று கூடியோ குறைந்தோ வருவது வாய்ப்பு நிகழ்ச்சிகளின் மற்றோர்

வொரு பண்பின் இரு இயல்பிகளில் ஒன்று இருக்க வேண்டுமாகை யால் முதல் ரகம் Ry உடைய கேமீட்டுகளேயும், இரண்டாம் ரகம் rY உடைய கேமீட்டுகளேயும் உண்டாக்கும். இரண்டு ரகங்களேயும் கலப்புக் கருவுறுத்தால் முதல் கலப்புத் தலைமுறையின் இயல்பிகள்



படம் 19.

ஈரியல்பு கலப்புக் கட்டவணை.

RrYy என்பதாகும். எனவே இவை யாவும் ஓங்கியல்பு களான சிகப்பு மலர்களேயும், மஞ்சள் விதைகளேயும் உடை யனவாகும். அதாவது பெற்ருேரில் வெள்ளே மலரோடு சேர்ந்

திருந்த மஞ்சள் விதைகள் இப்போது சிகப்பு மலரோடு சேர்ந்து கொண்டன. இதிலிருந்து தெரிவதென்ன வென்ருல் ஒவ்வொரு பண்பும் மற்ற பண்புகளோடு சம்பந்தப்படாமல் தனித்தியங்கி மரபு வழிப்படுகிறது என்பதாம்.

இனி இரண்டாங் கலப்புத் தலை முறையில் என்ன நிகழும் எனப் பார்க்கலாம். முதலாங் கலப்புத் தலை முறையின் கேமீட்டு களில் இரு பண்புகளுக்குமான மாற்றியல்பிகளும் தம்முள் RY, Ry, rY, ry என்ற நான்கு வகையாகச் சேர்ந்து கொள்ளும் சம வாய்ப்பு உள்ளது எனவே இந்நான்கு வகை கேமீட்டுகளும் சம எண்ணிக் கையில் உண்டாகின்றன. கருவுறலில் இந்நான்கு வித கேமீட்டு களும் மொத்தம் பதினுறுவிதங்களில் சேரச் சம வாய்ப்பு உள்ளது. இதைக் கீழ்காணும் கட்டவணையில் காணலாம் (படம் 19).

மேற்கண்ட பதினுறுவிதச் சேர்க்கைகளில் 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 ஆகிய எண்ணுடையவை செந்நிற மலரையும், மஞ்சள் விதைகளையும் 12, 14, 15 என்பவை வெண்ணிற மலரையும், மஞ்சள் நிற விதையையும், 5, 11, 13 என்பவை செந்நிற மலரை யும், பச்சை நிற விதையையும், 16 என்பது வெண்ணிற மலரை யும், பச்சை நிற விதையையும் உண்டாக்குவனவாகும் என்பதை எளிதில் உணரலாம். எனவே நான்குவித வெளியுருக்கள் 9: 3: 3: 1 என்ற விகிதத்தில் தோன்றும் வாய்ப்புள்ளது. இதையும் மெண்டல் நேராகக் கண்டார்.

இரண்டு பண்புகளைக் கருத்தில் கொண்டு நிகழ்த்திய சோதனை களிலிருந்து மெண்டல் கண்ட முக்கிய முடிவு, ஒவ்வொரு பண்பும் மற்றப் பண்புகளில் என்ன நிகழுகிறது என்பதை அனுசரியாமல் தனித்தியங்கி மரபுவழிப்படுகின்றன என்பதாம். தமது ஆராய்ச்சி களின் முடிவாக மெண்டல் வெளியிட்ட மூன்று விதிகளாவன :

1. **தனிகூர் விதி** (Law of Segregation) : தாவரத்தில் ஒவ்வொரு பண்புக்குமான இரு இயல்பிகளும் கேமீட்டுகளுண்டா கும்போது பிரிந்து வெவ்வேறு கேமீட்டுகளுக்குச் செல்லுகின்றன. ஆகவே எந்தக் கேமீட்டிலும் ஒரு பண்புக்கு ஒரே ஓர் இயல்பி மட்டுமே இருக்கும்.

2. **தனித் தியங்குவிதி** (Law of independent assortment) : ஒரு பண்பின் இயல்பிகளிரண்டும் பிரிந்து வெவ்வேறு கேமீட்டு களுக்குச் செல்லும்போது, மற்றப் பண்புகளினியல்பிகளின் இயக் கத்தை அனுசரியாது தனித்தியங்குகின்றன.

3. ஓங்கொடுங்கு விதி (Law of dominance and recession): ஒரு பண்பு இரண்டு மாற்றியல்புகளில் காணப்படுமாயின் அவற்றில் ஒன்று ஓங்கியல்பாகவும் மற்றென்று ஒடுங்கியல்பாகவும் இருக்கும். மாற்றியல்பிகள் சேர்ந்திருந்தால் ஓங்கியல்பு மட்டுமே தாவரத்தில் வெளியுருவில் காணப்படும்; ஒடுங்கியல்பு காணப்படாது. ஆனால், ஒடுங்கியல்பி தனது தனித் தன்மையை இழந்துவிடாமல் ஒடுங்கியிருந்து, அடுத்த தலைமுறையில் ஒடுங்கியல்பிகளிரண்டு ஒன்று சேரும் வாய்ப்பு நேர்ந்தால், ஒடுங்கியல்பாக வெளியுருவில் மீண்டும் காணப்படும்.

மெண்டலுக்குப் பிறகு செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து, அவருடைய மூன்று விதிகளில் தனிகூர் விதி மட்டுமே பாலின விருத்தி நடைபெறும் எல்லாவுயிரினங்களுக்கும் விதிவிலக்கின்றிப் பொருந்துவதாகுமென்றும், மற்ற இருவிதிகளும் ஓரளவுக்கு மட்டுமே பொருந்துவனவாகுமென்றும் அறியப்பட்டது.

மெண்டலின் ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து தெரியவந்த மற்றொரு முக்கியமான உண்மை ஒவ்வோர் உயிரும் மரபுரு (Genotype), வெளியுரு (Phenotype) என்ற இரண்டு தன்மைகளை உடையனவாகும் என்பதாம். உதாரணமாகச் செந்நிற மலர்களை உடைய ஒரு பட்டாணிச் செடியில், செந்நிறமானது RR, Rr என்ற இரு நிலைகளாலும் உண்டாகிறது. இரண்டிலும் வெளியியல்பு ஒன்றாயினும் இயல்பிகள் வேறுபடுகின்றன. எனவே வெளியியல்பால் ஒத்த செடிகளின் இயல்பிகளும் ஒத்திருக்கும் என்று சொல்ல முடியாது. இயல்பிகளின் தன்மையே மரபுருவாகும். வெளியில் தோன்றும் தன்மையே வெளியுருவாகும். தாவரத்தின் மரபைப் பொருத்தவரை மரபுருவே முக்கியமானது. ஏனென்றால் அடுத்த தலைமுறைச் செடிகளின் தன்மை மரபுருவைப் பொருத்து அமையுமேயல்லாமல் வெளியுருவைப் பொருத்து அமையாது.

இப்போது இயல்பியை ஜீன் (Gene) என்று குறிப்பிடுகிறார்கள். மற்றும் இயல்பிகளெல்லாம், உயிர்களின் செல்களிலுள்ள நியூக்ளியசில் அடங்கியிருக்கும் குரோமோசோம்களில் இருப்பதாகத் தெரியவந்துள்ளது. உயிரின் உடலிலுள்ள செல்களில் ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் இரட்டையாக இருப்பதால் அவற்றிலுள்ள இயல்பிகளொவ்வொன்றும் இரட்டையாக உள்ளன. கேமீட்டுகளுண்டாகும் சமயத்தில் ஒரு பிரத்தியேக செல்லிரட்டிப்பின்போது இரட்டையான குரோமோசோம்கள் பிரிந்து வெவ்வேறு செல்களுக்குப் போகின்றன. இத்தகைய செல்களிலிருந்தே கேமீட்டுகளுண்டாவதால் இயல்பிகள் தனிகூர ஏதுவாகின்றது. செல்லிலுள்ள பல

குரோமோசோம் ஜோடிகளும் ஒன்றுக்கொன்று சம்பந்தமில்லாமல் தனிகூர்வதால், அவற்றிலுள்ள இயல்பிகள் தனித்தியங்குவன வாகின்றன. கேமீட்டுகள் கருவுறலில் ஒன்று சேரும் பொழுது அவற்றின் குரோமோ சோம்கள் மறுபடியும் ஜோடி சேர்ந்து கொள்ளுகின்றன.

மெண்டலும், மெண்டலுக்குப் பிறகு மற்றப் பலரும் செய்த மரபுச் சோதனைகளில் இயல்பிகள் நடந்து கொள்ளுவதாக அனுமானிக்கப்பட்டதும் மைக்கிராஸ்கோப்பின் மூலம் குரோமோ சோம்கள் நடந்துகொள்ளுவதாக அறியப்பட்டதும் மேற்கூறியவாறு அநேக ஒற்றுமைகளைக் காட்டுகின்றன. இதிலிருந்து, குரோமோ சோம்களே உயிர்களின் பிரதான மரபுறுப்புகளென்று தெரிகிறது. சமீபகாலத்தில் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து குரோமோசோம்களிலுள்ள டியாக்சி ரைபோ நியூக்ளிக் ஆசிட் (Deoxy ribo nucleic acid--DNA) என்னும் கூட்டுப் பொருளே இயல்பிகளாய் அமைந்திருக்கிறதென்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இப்பொருளின் வேதியமைப்பையும், அதிலிருந்து இயல்பிகளின் வேதியமைப்பையும் அறிந்ததன் மூலம், இயல்பிகள் எப்படித் தமக்கான பண்புகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன என்பதையும் ஓரளவுக்கு இன்றைய உயரிய வேதியியலாரும், உயிரியலாரும் அனுமானித்துள்ளார்கள்.

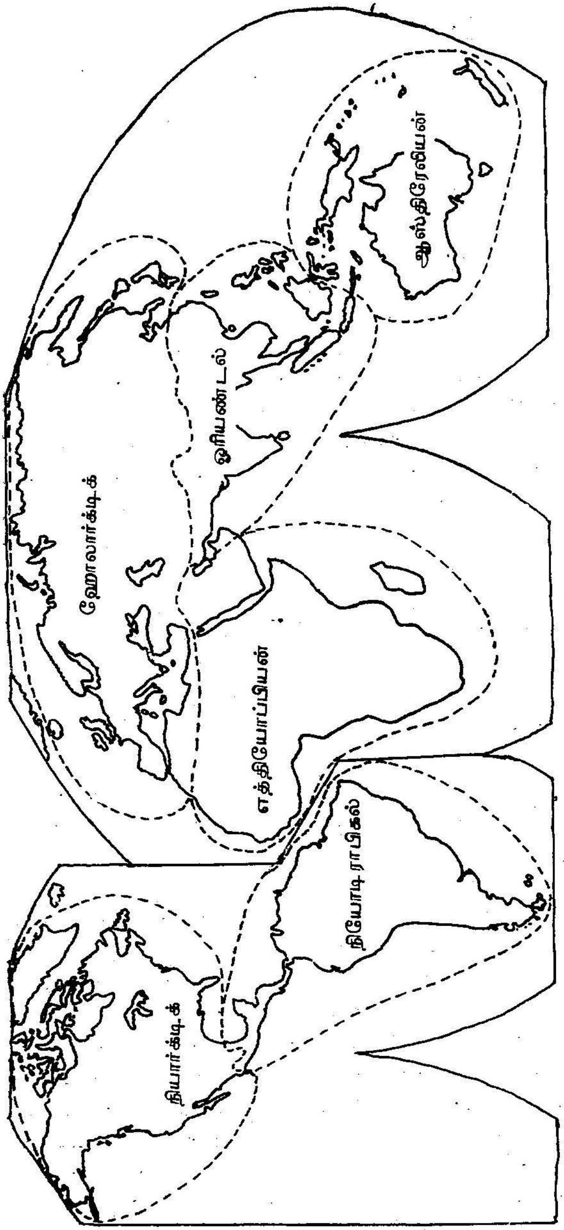
உயிர் மருஉ இயல்

(ORGANIC EVOLUTION)

உயிர் மருஉ இயல்

உலகில் வாழும் ஒவ்வோர் உயிரும் தம்மைப் போன்ற மற்றோர் உயிரிலிருந்து தோன்றுகிறதேயன்றித் தானகத் தோன்றுவதில்லை. ஓர் உயிர் தன்னைப் போன்ற மற்றொரு உயிரையல்லாமல், தன்னில் மிக வேறுபட்ட வேறோர் உயிரை உண்டாக்குவதில்லை. இவ்விரண்டு உண்மைகளையும் சேர்த்துப் பார்க்கும்போது இப்போது உலகில் வாழும் உயிரினங்கள் ஆதியிலிருந்தே இன்றுள்ள அமைப்புடன் இருந்திருக்க வேண்டுமென்ற முடிவுக்கு வரவேண்டியுள்ளது. அப்படியாயின் ஆதியில் அவை எப்படித் தோன்றின என்ற கேள்வி எழுகிறது. இதற்கு விடையாக முதன் முதலில் மனிதன் கண்ட பதில் அவை யாவும் முதலில் கடவுளால் தோற்றுவிக்கப்பட்டன என்பதாகும். இதுவே உண்மையென வெகுகாலமாகக் கருதப்பட்டு வந்தது.

காலப்போக்கில் மனிதன் தன்னைச் சுற்றியுள்ள விலங்குகளையும், தாவரங்களையும் கூர்ந்து நோக்கி அவற்றின் புற அமைப்புகளையும், அகக் கூறுகளையும் அதிகமாக அறிந்தபோது, மேற்சொன்ன கடவுட் படைப்பு விளக்கம் அறிவுக்கு முற்றிலும் பொருந்துவதாக இல்லை யென்று பல அறிவியலார் கருதத் தொடங்கினர்கள். அதன் காரணமாகத் தோன்றியதுதான் உயிர் மருஉ சித்தாந்தமாகும். இதன்படி, ஓர் உயிரினத்தின் பண்புகள் மாருது என்றும் நிரந்தரமாக இருப்பவையல்லவென்றும், காலப்போக்கில் பண்புகள் படிப்படியாக மாறுபட்டு ஓர் உயிரினத்தின் சந்ததிகள் நாளடைவில் வேறோரினமாக மாறக்கூடியவையென்றும், இன்றைய உயிரினங்களெல்லாம் அப்படி வேறு உயிரினங்களிலிருந்து தோன்றியவையே யல்லாமல் இன்று காணப்படும் அதே அமைப்போடு ஆதியிலிருந்து தொடர்ந்தவை யல்லவென்றும் கருதப்படுகிறது. கடவுட் படைப்புக் கொள்கைக்கு மாறான இம் மருஉக் கொள்கை உயிரியலாரின் உள்ளத்தில் உதயமாகக் காரணமான உண்மைகளெவை யென்று பார்ப்போம்.

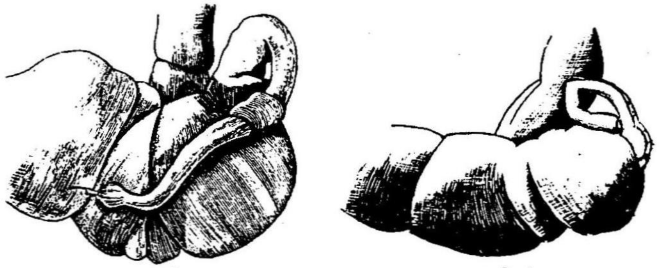


படம் 20.
உலகின் உயிரியல் பகுதிகள்.

1. **உலகில் உயிர்களின் விரவு :** உலகில் வாழும் பல்லாயிரக் கணக்கான உயிரினங்கள் பூமியில் ஒழுங்கின்றிச் சிதறிக் காணப் படாமல் குறிப்பிடத்தக்க ஒழுங்கோடு விரவியுள்ளன. உயிர்களின் விரவைப் பொருத்துப் பூமியை ஹோலார்டிக் (Holarctic), எத்தி யோப்பியன் (Ethiopian), ஓரியண்டல் (Oriental), ஆஸ்திரேலியன் (Australian), நியோடிராபிகல் (Neotopical) என ஆறு பகுதி களாகப் பிரிக்கலாம்(படம்20). இவை ஒவ்வொன்றிலும் மற்ற எதிலும் காணப்படாத சில குறிப்பிட்ட பாலூட்டிகள் (Mammals) காணப்படு கின்றன. உதாரணமாக ஹோலர்டிக்கில் காரிபூ (Caribou), எல்க் (Elk), வெண்கரடி (White polar bear) முதலியவைகளும், எத்தி யோப்பியனில் கொரில்லா (Gorilla), ஒட்டைச்சிவிங்கி, நீர்யானை முதலியவையும் ஓரியண்டலில் உராங்உடான் (Orang-outang), இந்திய யானை (Indian elephant), டார்சியர் (Tarsier) முதலிய வையும், நியோடிராபிகலில் டபிர் (Tabir),ஸ்லாத் (Sloth), வாலால் தொங்கும் குரங்கு முதலியவையும், ஆஸ்திரேலியனில் கங்காரு (Kangaroo), பிளாடிபஸ் (Platypus), ஒபோசம் (Opossum) முதலி யவையும் காணப்படுகின்றன. தென் அமெரிக்கக் கண்டத்துக்கு அருகிலுள்ள கலபகாஸ் (Galapogos) தீவுக் கூட்டத்தில் உள்ள பறவைகளில் பல,வேறெங்கும் காணப்படாத தனி இனங்களாகவும், ஆனல், ஏறக்குறைய தென் அமெரிக்காவில் உள்ள இனங்களைப் போன்றவைகளாகவும் இருக்கின்றன. உயிரினங்கள் யாவும் கடவு ளால் படைக்கப்பட்டனவாயின், சில இனங்கள் குறிப்பிட்ட இடங் களில் மட்டும் ஏன் காணப்படுகின்றன என்பது விளங்காத புதிராகும்.

2. **உள்ளமைப்பின் ஒற்றுமை :** வெளித் தோற்றத்தில் ஓரளவு மட்டும் ஒற்றுமை உடைய இனங்கள் தமது உள்ளமைப்பில் மிகுந்த ஒற்றுமையுடையனவாக இருக்கின்றன. மற்றும் வெளித்தோற்றத் தில் அதிக வேறுபாடுடைய பல இனங்கள் தமது அடிப்படை உள்ளமைப்பில் ஒற்றுமையைக் காட்டுகின்றன. உதாரணமாக முதுகெலும்புடைய பிராணிகளில் ஊர்வன, நடப்பன, பறப்பன, நீந்துவன முதலிய குழாங்கள் ஒவ்வொன்றிலும் முதுகெலும்பின் அமைப்பு மிகுந்த ஒற்றுமையைக் காட்டுகிறது. தாவரங்களில் ஒரு விதை யிலையிகள் (Monocotyledons), இருவிதை யிலையிகள் (Dicotyledons) ஆகிய குழாங்களைச் சேர்ந்த தாவர இனங்களின் உள்ளமைப்பில் பல ஒற்றுமைகள் காணப்படுகின்றன. இனங்களெல் லாம் இறைவன் படைப்பாயின் வெளித் தோற்றத்தில் வேறுபடு பவை உள்ளமைப்பில் ஒன்றுபடுவது எப்படி என்பது புரிந்துகொள்ள முடியாத புதிராகும்.

3. **அடையாள உறுப்புகள்** (Vestigeal organs) : பல உயிரினங்களில் அவற்றுக்கு ஒரு விதத்திலும் உதவாத அடையாள உறுப்புகள் காணப்படுகின்றன. உதாரணமாக மனிதனின் பெருங்குடலின் ஒரு நுனியில் குடல்வால் (Vermiform appendix) என்ற ஓர் உறுப்பு

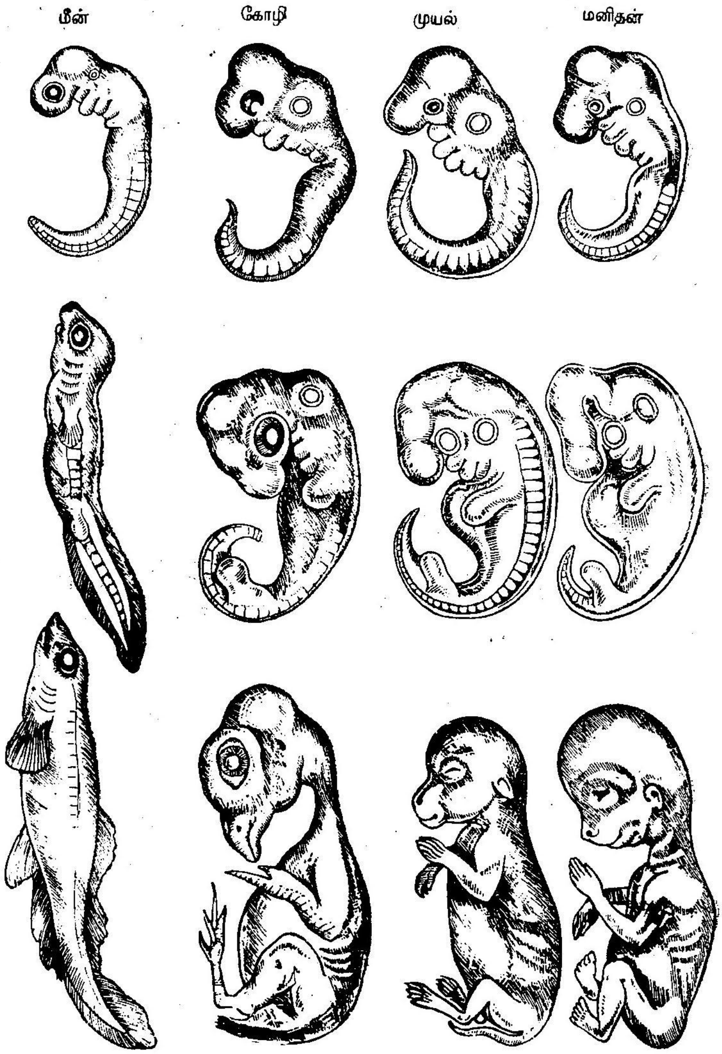


படம் 21.

குடல்வால் அமைப்பு—முயல், மனிதன்.

உள்ளது. இது சில சமயம் வீங்கி அதனுல் தாங்க முடியாத வயிற்றுவலி ஏற்படுவதல்லாமல் இதனுல் எப்பயனும் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. இதை வெட்டி எடுத்துவிட்டால் அதனுல் ஒரு சிறு கெடுதலும் விளைவதில்லை. மனித உடலில் இதுமாதிரி சுமார் நூறு அடையாள உறுப்புகள் இருப்பதாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. நீரில் வாழும் பிராணிகளாகிய திமிங்கலங்கள்(Whales) பாலூட்டிகளாகும். அவற்றிற்கு முன்னங்கால்கள் போன்ற இரு துடுப்புகளுள்ளனவே யன்றிப் பின்னங்கால்களுக்கு நிகரான அவயவம் இல்லை. ஆனுலும், அவற்றின் உள்ளமைப்பைப் பார்க்கும்போது சிறிய பின்னங்கால் எலும்புகள் அடையாளமாகக் காணப்படுகிறது. மலர்த் தாவரங்களில் ஒருபால் மலரையுடைய பலவற்றில் ஆண் மலரில் அடையாளமாகப் பயனற்ற பெண் பாகங்களும், பெண் மலரில் பயனற்ற ஆண் பாகங்களும் காணப்படுகின்றன. கடவுட் படைப்பில் இவ்வாறு சற்றும் பயனில்லாத அடையாள உறுப்புகள் ஏன் இருக்க வேண்டுமென்பது புரியாத புதிராகும்.

4. **கருவியல் சான்று** : வெளியுருவத்தால் மிக வேறுபடும் பிராணியினங்கள் அவற்றின் கரு வளர்ச்சியின்போது ஒரே மாதிரியான உருவ மாற்றமடைகின்றன. உதாரணமாக மீன், ஆமை, கோழி, முயல், மனிதன் ஆகியவற்றின் கருவளர்ச்சியின் சில படிகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன (படம்22). சில விலங்குகளும், தாவரங்களும்,இளமையில் ஓர் அமைப்பையும்,வளர வளர முற்றிலும்

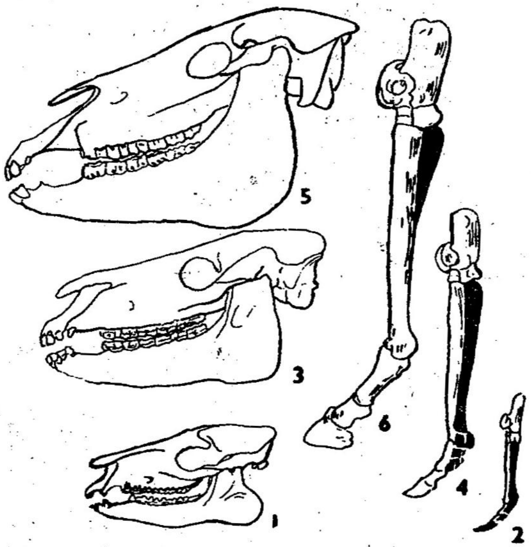


படம் 22.

மீன், கோழி, முயல், மனிதன் ஆகியவற்றின் கரு வளர்ச்சிப் படிகள்.

வேறுபட்ட அமைப்பையும் பெறுகின்றன. உதாரணமாகச் சில **அக்கேசியா** இனங்களின் (Acacia species) இலைகள் கூட்டிலை யாக (Compound leaf) உள்ளன. ஆனால், அவை இளநாற்றுக இருக்கும்போது அவற்றின் இலைகள் தனியிலைகளாக (Simple leaf) இருக்கின்றன. வளர வளரப் படிப்படியாகக் கூட்டிலைகள் தோன்று கின்றன. கருவளர்ச்சியில் காணப்படும் ஒற்றுமையும், பின்பு தோன்றும் வேற்றுமையும் படைப்புக் கொள்கையின்படி புரியக் கூடாதனவாக உள்ளன.

5. **புதைபொருள் சான்று :** உயிர்கள் இறந்த பின்னல் பொது வாக அவற்றின் உடல்கள் பூஞ்சணங்கள், பாக்டீரியங்கள் முதலிய நுண்ணுயிர்களால் சிதைக்கப்படுகின்றன. ஆகவே உடலுறுப்புகள் உருக்குலைந்து நாளடைவில் எளிய வேதிக் கூட்டுப் பொருள்களாக



படம் 23.

பூகற்ப சகாப்தத்தில் குதிரையின் மரூஉ மாற்றங்கள்.

1, 2) இயொசின் சகாப்தத்திலிருந்த ஹைரகோதீரியம் என்பதின் கபால, பின்கால் எலும்புகள்.

3, 4) மியொசின் சகாப்தத்திலிருந்த பாராஹிப்பீஸ் கபால எலும்பும், மெரிக்ஹிப்பஸ் பின்கால் எலும்பும்.

5, 6) பிளிஸ்டொசின் சகாப்தத்திலும், தற்காலத்திலும் இருக்கும் இக்குவஸ் (குதிரை) கபால, பின்கால் எலும்புகள்.

மாற்றமடைகின்றன. ஆனல், சில சந்தர்ப்பங்களில் இறந்த உடல் உருக்குலைந்து மட்காமல் அதன் உருவம் நிலத்தினுள் பாதுகாக்கப் படுகிறது. முக்கியமாக உடலின் மிருதுவான பாகங்களை விடக்

கெட்டியான பாகங்கள் நன்கு பாதுகாக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு பாதுகாக்கப்படும் உடல்களும், உடலுறுப்புகளும் இறந்துபடும் மொத்த உயிர்களின் ஒரு மிக மிகச் சிறு சதவீதமேயாகும். ஆயினும் பலகோடி ஆண்டுகளாக உலகில் வாழ்ந்த பல கோடிக்கணக்கான உயிர்களில் பல இவ்வாறு புதையுயிர் (Fossil)களாக உலகின் பல இடங்களில் காணப்படுகின்றன. இவை காணப்படும் இடம், புதைந்துள்ள ஆழம், பாறையின் தன்மை முதலியவற்றைக் கொண்டு அவை எவ்வளவு ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் வாழ்ந்திருக்கக் கூடும் என்று கணக்கிட முடியும். புதையுயிர்களை ஆராய்ந்து பார்க்கும் பொழுது, பலகோடி ஆண்டுகள் முன்பிருந்த உயிர்கள் இன்று வாழும் உயிர்களிலிருந்து முற்றிலும் வேறுபட்ட இனங்களாக இருந்தன என்றும், அவை படிப்படியாக மாறி வேறு வேறு இனங்கள் தோன்றிக் கடைசியில் இன்றுள்ள இனங்கள் தோன்றின என்றும் தெரிகிறது. உதாரணமாக இன்றுள்ள குதிரை இனமும், யானை இனமும் பலகோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்பு, அவற்றிலிருந்து முற்றிலும் வேறுபட்ட உருவத்தை உடைய விலங்குகளிலிருந்து படிப்படியான மாற்றங்களுக்குப் பிறகு தோன்றியுள்ளன என்பதைப் புதையுயிர் சான்றுகள் தெளிவாகக் காட்டுகின்றன (படம் 23). எனவே இன்றுள்ள உயிரினங்கள் ஆதியில் இன்றுள்ள உருவில் படைக்கப்பட்டனவல்ல வென்று மிகத் தெளிவாகத் தெரிகிறது.

6. **உயிர்வேதியியல் சான்று :** ஒரேமாதிரியான உயிர்வேதியப் பொருள்கள் அநேக உயிரினங்களில் காணப்படுகின்றன. உதாரணமாக இயக்கத்துக்குத் தேவையான சத்தியை அநேகமாக எல்லா உயிர்களும் பெரும்பாலும் அடினோசைன் டிரை பாஸ்பேட் (Adenosine tri phosphate—ATP) என்னும் வேதியப் பொருளின் மூலமாகவே பெறுகின்றன. உருவத்தாலும் அமைப்பாலும் முற்றிலும் வேறுபடும் உயிர்கள் இந்த அடிப்படை அமிசத்தில் ஒரேமாதிரியாக உள்ளன. மற்றும் புரொட்டீன்களைச் சிதைக்கும் டிரிப்சின் (Trypsin) என்னும் நொதி (Enzyme)எல்லா விலங்குகளிலும் காணப்படுகிறது. மாவுப் பொருளைச் சிதைக்கும் அமிலேஸ் (Amylase) என்னும் நொதி கடற்பஞ்சுகளிலிருந்து மனிதன் வரை எல்லா விலங்குகளிலும் காணப்படுகிறது. மற்றும் பல வேதியக் கூட்டுப் பொருள்கள் குறிப்பிட்ட சில உயிர்களில் மட்டும் காணப்படுகிறது. இவ்வுயிர்கள் மற்ற அமிசங்களிலும் பெருமளவு ஒற்றுமையைக் காட்டுகின்றன. உதாரணமாக A, B, O என்னும் இரத்தத் தொகுதிகள் மனிதன், சிம்பான்சி (Chimpanze), கொரில்லா (Gorilla), உராங் உடான் (Orang outang), ரீசஸ் குரங்கு (Rhesus monkey) முதலியவற்றில் காணப்படுகிறது. உயிர் மரூஉக் கொள்கைப்படி இந்த ஒற்றுமைகள் அவ்வினங்களின் பரம்பரைத் தொடர்

பால் ஏற்பட்டதாகும் என்று அனுமானிக்கலாம். படைப்புக் கொள்கையின்படி இவ்வொற்றுமைகளின் தாத்பரியம் என்னவென்று புரியக்கூடாததாகவுள்ளது.

மேற்கூறிய சான்றுகளால், மரூஉவாலன்றி இறைவன் படைப்பினுல் இன்றைய உயிரினங்கள் தோன்றியிருக்க முடியாது என்ற கருத்து உயிரியலாரிடை வலுப்பெற்றது. எனவே உயிர் மரூஉ எவ்வாறு ஏற்படுகிறது, அதைத் தூண்டும் காரணங்கள் என்ன என்பவற்றைப் பற்றி அவர்கள் ஆராயலானுர்கள்.

உயிர் மரூஉவின் காரணத்தையும், அது நிகழும் விதத்தையும் பற்றி அறிவியல் ரீதியான விளக்கத்தை முதன் முதல் தந்தவர் லாமார்க் (Lamarck) (1744-1829) என்பவ ராகும்.

லாமார்க்கும் அவர் கோட்பாடும்:

பிரான்சு நாட்டவரான லாமார்க் ஒரு சிறந்த உயிரியலறிஞராவார். விலங்குகளின் உள்ளமைப்பைப் பற்றியும், உள்ளமைப்பிலும் எலும்புகளின் அமைப்பிலும் விலங்குகளிடையே உள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகளேப் பற்றியும் மிக விரிவாக அவர் ஆராய்ந்தார். அவற்றின் அடிப்படையில் சிந்தித்துப் பார்த்து, உயிர் மரூஉ எவ்வாறு நிகழுகிறது என்பது பற்றிய தமது கருத்துகளே 1802-ம் ஆண்டில் விலங்கியல்தத்துவங்கள் (Philosophy Zoologique) என்ற அரிய நூலில் வெளியிட்டார்.

லாமார்க்கின் உயிர் மரூஉ விளக்கத்தின் கோட்பாடுகளாவன :

1. இயற்கையாக உயிர்களின் அவயவங்களும் திறமைகளும் தொடர்ச்சியான உபயோகத்தால் அவ்வுபயோகத்துக்கேற்ப மேலும் வளர்ச்சியடைகின்றன. உபயோகப்படுத்தா விட்டால் நலிவடைகின்றன.

2. தாம் வாழும் சூழ்நிலேக்கேற்ப உயிர்கள் சில அவயவங்களேயும் திறமைகளேயும் தொடர்ந்து அதிகமாக உபயோகிக்கவும், சிலவற்றை உபயோகப்படுத்தாமலிருக்கவும் நேரிடுகிறது.

3. அதிகமாக உபயோகமாகும் அவயவம் அதற்கேற்ப மேலும் வளர வேண்டுமென்றும், உபயோகிக்காத அவயவம் நலிய வேண்டுமென்றும் உயிரின் உள்ளுணர்வு உன்னுகிறது.

4. உபயோகத்தின் காரணமாகவும், உள்ளுணர்வின் காரணமாகவும் அவயவங்கள் மேலும் வளரவோ நலியவோ செய்கின்றன.

5. அவ்வாறு அவயவங்களில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் சந்ததிகளிலும் மரபாக வருகின்றன.

6. சந்ததிகளும் பெரும்பாலும் பெற்றேர் வாழ்ந்த சூழ்நிலை யிலேயே வாழ்வதால் அவைகளும் பெற்றேர்களால் அதிகமாக உபயோகிக்கப்பட்ட அதே சில அவயவங்களை அதிகமாக உபயோ கிக்கவும் மற்றச் சில அவயங்களை உபயோகிக்காமலிருக்கவும் நேரிடு கிறது. இதனுல் ஒரு தலைமுறையில் ஆரம்பித்த மாற்றங்கள் அதே போக்கில் பின்வரும் தலைமுறைகளில் தொடர்ந்து ஏற்பட்டு நாள டைவில் ஓர் இனம் உருமாறி வேறு இனமாக மரூஉவுகிறது.

மேற்கூறிய அவருடைய விளக்கங்களைத் தெளிவுபடுத்துவதற் காக லாமார்க் பல உதாரணங்களைக் குறிப்பிட்டார். அவற்றில் அவர் ஒட்டைச்சிவிங்கியைப் பற்றிக் கூறியது புகழ்பெற்ற தொன்ரு கும். மற்ற விலங்குகளுக்கில்லாத நீண்ட கழுத்து ஒட்டைச்சிவிங் கிக்கு இருக்கிறது. இது எப்படி வந்தது என்பதை லாமார்க் பின் வருமாறு விளக்கினர்.

கழுத்து அதிக நீளமில்லாத ஆடு, மான் போன்ற விலங்குகளி லிருந்தே ஒட்டைச்சிவிங்கி மரூஉவால் தோன்றியதாகும். ஒட்டைச்சிவிங்கிகளின் மூதாதை இனங்கள் வாழ்ந்த பிரதேசங் களில் வறட்சியால் அவற்றின் உணவான புல்பூண்டுகள் அருகி விட்டிருக்கக்கூடும். ஆகையால் அதுகாறும் புல் பூண்டுகளை மேய்ந்த இனங்கள், காயாமலிருந்த மரங்களின் இலைகளை உண்ண வேண்டிய அவசியமேற்பட்டது. அதற்காக அவை அண்ணுந்து கழுத்தை நீட்டி உயரமான மரங்களில் உள்ள இலைகளை மேய முயற்சி செய்ததுமல்லாமல், கழுத்தும் முன்னங்கால்களும் நீள வேண்டுமென்ற உள் விருப்பத்தையும் கொண்டன. இவ்விரு காரணங்களால் அவற்றின் கழுத்தும் முன்னங்கால்களும் சற்றே நீண்டன. அதனுல் அவற்றின் அடுத்த தலைமுறை சற்று நீண்ட கழுத்தோடும், முன்னங்கால்களோடும் தோன்றின. அவைகளும் முன் தலைமுறை போலவே மேலும் நீண்ட கழுத்தையும் முன்னங் கால்களையும் பெற விரும்பி முயற்சித்தன. இப்படியாகப் பல தலை முறைகளாக விரும்பி முயற்சித்ததால் அவற்றின் கழுத்தும் முன்னங் கால்களும் மிக நீண்டு இன்றுள்ள ஒட்டைச்சிவிங்கி இனமாக மாறி விட்டன.

லாமார்க்கின் விளக்கங்களை அவர் காலத்திலிருந்த பெரும்பா லான உயிரியலார் ஏற்றுக்கொள்ளவில்லை. உயிர் மரூஉவின் உண்மையை அவர்கள் மறுக்கவில்லை யென்ருலும், லாமார்க்கின் கருத்துப்படி மரூஉ நிகழக் கூடும் என்று அவர்கள் நம்பவில்லை. ஓர் உயிர் தனது வாழ்நாளில் முயன்று பெற்ற பண்பு மாற்றங்களை அதன் சந்ததிகள் பெறுகின்றன என்பதே லாமார்க்கினுடைய

கொள்கையின் முக்கிய கோட்பாடாகும். இதுபற்றிச் செய்யப்பட்ட சோதனைகளும், காணப்படும் இயற்கை நிகழ்ச்சிகளும் இக் கோட்பாடு தவறென்றே காட்டின. உதாரணமாகச் சம்மட்டியடிக்கும் கொல்லனின் கைகள் பருத்து மிக உறுதியானவைகளாகின்றன. ஆனால், அவனுடைய குழந்தைகள் பிறவியில் பருமனான கைகளுடன் பிறப்பதில்லை. வீஸ்மேன் (Weismann) என்னும் உயிரியலார் எலிகளின் வால்களைத் தொடர்ந்து பல தலைமுறைகள் வெட்டி அதனால் அவற்றின் வாலமைப்பில் ஏதாவது மாறுதல் ஏற்படுகிறதா என்று சோதனை செய்தார். ஆனால், பல தலைமுறைகளுக்குப் பிறகும் வாலின் நீளத்திலும், அமைப்பிலும் எவ்வித மாறுபாடும் ஏற்படவில்லை. இதுபோன்ற மற்றும் பல சோதனைகளிலிருந்து பெற்றோர் முயன்று பெற்ற பண்புகளைச் சந்ததிகள் பெறுவதில்லை யென்றே தெரிய வந்துள்ளது. இதன் காரணமாக, லாமார்க்கின் விளக்கங்கள் உயிரியலாரால் நிராகரிக்கப்பட்டன.

லாமார்க்கின் விளக்கம் தவறானதாகத் தெரிந்தபோதிலும், உயிர் மரூஉவை அறிவியல் ரீதியாக முதன் முதலில் தக்க சான்றுகளுடன் விளக்கியவர் என்ற பெருமை அவருக்குரியதாகும். மேலும் சமீபகால ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து, லாமார்க்கின் விளக்கங்கள் முற்றிலும் தவறென்று சொல்ல முடியாதென்ற கருத்து தோன்றியுள்ளது. ஏனென்றால் ஓர் உயிரின் மரபு பண்புகள் எவை, முயன்று பெற்ற பண்புகள் எவை என்று நிர்ணயிப்பது எளிதல்ல. ஆகவே முயன்று பெற்ற பண்பு எதுவும் மரபு பண்பாகாது என்று அறுதியிட்டுச் சொல்ல முடியாதென்று தெரிகிறது.

டார்வின் (Darwin):

உயிர் மரூஉவுக்கு இன்றுவரை அளிக்கப்பட்டுள்ள விளக்கங்களில் மிகத் திருப்திகரமானது டார்வினின் இயற்கைத் தேர்வு (Natural selection) சித்தாந்தமாகும்.

சார்லஸ் டார்வின் (Charles Darwin) 1809 ஆம் ஆண்டு பிப்ரவரி 12ம் தேதி பிறந்தார். இளமையில் பலவித பொருள்களைச் சேர்த்து வைப்பதிலும், பறவைகளைச் சுடுவதிலும், நாய்கள் மீதும் மிகப் பிரியங் கொண்டவராக இருந்தார். பள்ளிப்படிப்புக்குப் பிறகு 1825 ல் எடின்பரோவில் மருத்துவப் பள்ளியில் சேர்ந்தார். ஆனால், மருத்துவத்தில் அவருடைய கவனம் செல்லவில்லை. அதைக் கண்ட அவரது தந்தை டார்வினை ஒரு மத போதகராக்க விரும்பினார். இது டார்வினுக்குப் பிடித்தது. அதற்குப் பல்கலைக்கழகப் பட்டம் தேவைப்பட்டதாகையால் 1828 ல் கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக் கழகத்தில்

படம் 24.
சார்லஸ் டார்வின்—பீகிள் பயணம் முடிந்த நான்காண்டுகளுக்குப் பிறகு.

சேர்ந்து 1831-ல் பட்டம்பெற்றுர்.அக்காலத்தில் அங்குத் தாவரவியல் பேராசிரியராக இருந்த டாக்டர் ஹென்ஸ்லோ (Henslow) என்பவருக்கு நெருங்கிய நண்பராஞர்.

பேராசிரியர் ஹென்ஸ்லோ மூலம் டார்வின் தனது உயிரியல் ஆராய்ச்சிக்கான ஓர் அரிய பெரிய வாய்ப்பைப் பெற்றுர். பிரிட்டிஷ் கடற்படையானது, பீகிள் (Beagle) என்ற பெயரையுடைய ஒரு கப்பலில் உலகின் பல பாகங்களைச் சுற்றி ஆராய்வதெனத் தீர்மானித்தது. அதில் பல்வேறு அறிவியல் துறையினரும் கலந்து கொள்ள வேண்டுமென்று எண்ணிஞர்கள். அதற்கு இளம் உயிரியலார் ஒருவரைக் குறிப்பிடும்படியாக ஹென்ஸ்லோவைக் கேட்டார்கள். டார்வினே அதற்கு ஏற்றவர் என்று கருதிய ஹென்ஸ்லோ, டார்வினை அப்பணியை ஏற்றுக்கொள்ளுமாறு கேட்டார். டார்வினும் அதை மகிழ்ச்சியுடன் ஏற்றுக் கொண்டார். அவருடைய தந்தை முதலில் இதற்கு எதிர்ப்புத் தெரிவித்தாலும் பின்பு சம்மதித்தார். 1831 ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் 27 ந் தேதி புறப்பட்ட பீகிள், உலகின் பல பாகங்களையும் சுமார் ஐந்து ஆண்டுகள் சுற்றிவிட்டு 1836 ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் 2 ந் தேதி திரும்பிற்று.

கூர்ந்து நோக்கும் இயல்பினரான டார்வின் கப்பல் பயணத்தின் போது தாம் பார்த்த இடங்களின் நிலவியல், தாவரவியல், விலங்கியல் ஆகியவற்றைப்பற்றி மிக விரிவான குறிப்புகளையும், ஆராய்ச்சிக்கான பொருள்களையும் சேகரித்தார். அவர் கண்டவற்றிலிருந்து, உயிரினங்கள் மரூஉவி வேறு இனங்களாவது திண்ணமென்ற எண்ணம் அவருள்ளத்தில் தோன்றியது. பயணம் முடிந்து திரும்பியவுடன் மரூஉ நிகழும் வழிகள் என்னவென்று காணும் நோக்கத்துடன் தாம் சேகரித்த பொருள்களை மேலும் ஆராயத் தொடங்கிஞர். அப்போது அவர் மால்தஸ் (Malthus) என்பவர் எழுதிய மக்கள்தொகை பற்றிய நூலொன்றைப் படிக்க நேர்ந்தது. உணவுப் பொருள்கள் அதிகரிக்கும் வேகத்தைவிட மக்கள்தொகைப் பெருக்கம் வேகமாக ஏற்படுவதைப் பற்றிய புள்ளி விவரங்களும் அதன் விளைவுகளும் அதில் ஆராயப்பட்டிருந்தன. அதைப் படித்ததும் டார்வினின்உள்ளத்தில் தக்கவைத் தரித்தல் என்றகோட்பாடு பளிச்சிட்டது. மால்தசின் கட்டுரையில் மனித இனத்தில் ஏற்படுவதாக விவரிக்கப்பட்டிருந்த தொகைப் பெருக்கமும் வாழ்க்கைப் போராட்டமும் எல்லாவுயிர்களிலும் நிகழுவதால், அவற்றில் தக்கவைத் தரித்து மரூஉதலுக்குக் காரணமாகிறது என்ற கருத்து அவருக்குத் தோன்றியது. இக்கருத்தின் அடிப்படையில் மேலும் ஆராய்ச்சிகள் செய்தபோது அதன் உண்மை மேலும் வலுப்பட்டது.

ஆயினும் தமது விளக்கத்தை ஐயந்திரிபற வலியுறுத்தக் கூடிய சான்றுகள் பலவற்றைத் தேடி சுமார் 20 ஆண்டுகள் பொறுமையாக ஆராய்ச்சி செய்தார்.

1856 ஆம் ஆண்டு லேயல் (Lyell) என்னும் நிலவியலார், டார்வினிடம் இனத்தோற்றம் பற்றிய கருத்துகளை ஒரு நூலாக எழுதி வெளியிடுமாறு கூறினார். அதன்படி டார்வின் எழுதிக் கொண்டிருந்த போது 1858 ஆம் ஆண்டு, டச்சுக் கிழக்கிந்தியத் தீவுகளில் ஆராய்ச்சி செய்து கொண்டிருந்த ஆல்பிரட் ரஸ்ஸல் வாலஸ் (Alfred Russel Wallace) என்னும் ஆங்கில உயிரியலார் இனத்தோற்றம் பற்றிய கட்டுரை ஒன்றை டார்வினுக்கு அனுப்பி அதைப் பற்றி அவருடைய அபிப்பிராயத்தைக் கேட்டார். அக்கட்டுரையில் தமது கருத்துகள் அனைத்தும் அடங்கியிருந்ததைக் கண்ட டார்வின், அவற்றை முதன் முதலில் வெளியிடும் பெருமையை வாலசுக்கே அளித்துவிட்டுத் தான் விலகிக்கொள்ள விரும்பினார். ஆனால், இருபது ஆண்டுகளாக அதைப்பற்றி அவர் ஆராய்ந்து கொண்டிருந்ததை அறிந்தவர்களான லேயல், ஹூக்கர் (Hooker) என்ற இருவரும், டார்வினும் தமது கருத்துகளை ஒரு சிறு கட்டுரையாக எழுதி வாலசின் கட்டுரையோடு சேர்த்து வெளியிடவேண்டுமென்று வற்புறுத்தினார்கள். அதற்கு டார்வின் இணங்கவே 1859 ஆம் ஆண்டு இருவருடைய கட்டுரைகளும் லினேயஸ் கழகத்தின் (Linnaen Society) சஞ்சிகையில் வெளியிடப்பட்டது. அதன் பிறகு 1859 ஆம் ஆண்டு இனத்தோற்றம் பற்றிய டார்வினின் முழுநூல் வெளியிடப்பட்டது. அது மகத்தான வெற்றி பெற்றது. அதைப் படித்த அறிவியலார் மட்டுமன்றிப் பெரும்பாலான பொதுமக்களும் மரூஉதலால் இனங்கள் புதிதாகத் தோன்றுகின்றன என்று நம்பலானார்கள். பெரும் புகழோடு டார்வின் 1882 ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் 19 ஆம் தேதி இறந்தார்.

டார்வினின் கோட்பாடுகள்:

1. **அதிக உற்பத்தி:** எல்லா உயிரினங்களும் அளவுக்கு மீறிய எண்ணிக்கையில் சந்ததிகளை உண்டாக்குகின்றன. உதாரணமாக ஒரு பெண் தவளை ஓராண்டில் சுமார் 1,000 முட்டைகளை இடுகிறது. சாலமன் என்னும் மீன் ஒரு பருவத்தில் 28,000,000 முட்டைகளை இடுகிறது. ஒவ்வொரு கீரைச் செடியும் பல்லாயிரக் கணக்கான விதைகளை உண்டாக்குகிறது. மிக மெதுவாக இன விருத்தி செய்பவையாகிய யானைகளில் கூட ஒரே ஒரு ஜோடியின் சந்ததிகளெல்லாம் உயிர் வாழ்ந்தால் 750 ஆண்டில் அவை 19,000,000 யானைகளாகப் பெருகிவிடும். ஆனல், எல்லா உயிரினங்

களும் ஏராளமான சந்ததிகளை உண்டாக்கினலும், எந்த உயிரினத்தின் எண்ணிக்கையும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவைவிட அதிகரிப்பதில்லை. இதிலிருந்து தெரிவதென்னவென்றுல் எந்த உயிரினத்திலும் உற்பத்தியாகும் சந்ததிகள் யாவுமே வளர்ந்து வாலிபப் பருவமடையாமல் அவற்றில் பல இளமையிலேயே இறந்துபடுகின்றன என்பதாம்.

2. **வாழ்வுப் போராட்டம்** (Struggle for existence) : எந்த உயிரும் எந்தப் பருவத்திலும் தொடர்ந்து நீடித்து வாழத் தன்னுலியன்ற வரை எத்தனிக்காமல் இறந்து போவதில்லை என்பது நடைமுறையில் காணப்படும் மற்ருேர் உண்மையாகும். ஆகவே உயிரினங்களின் சந்த திகளிடையே நீடித்து வாழ்வதற்கான போராட்டம் ஏற்படுகிறது.

3. **சந்ததி வேறுபாடுகள் :** உயிர்களைப் பொருத்து நடைமுறையில் நாம் எளிதாகக் காணக்கூடிய மற்ருேர் உண்மை, ஓர் உயிரின் சந்ததிகளெல்லாம் தம்முள் உருவ அமைப்பு, பண்பு ஆகியவற்றில் பொதுவான ஓர் ஒற்றுமையைக் கொண்டிருந்தாலும், எந்த ஒரு சந்ததியும் மற்றெதையும் எல்லா விதங்களிலும் ஒத்திருப்பதில்லை என்பதாம். மற்றும் எந்தச் சந்ததியும் அதன் பெற்ருேரையும் எல்லா விதங்களிலும் ஒத்திருப்பதில்லை. மனித இனத்தில் இவ்வுண்மையை மிகத் தெளிவாகக் காணலாம். ஒரே குடும்பத்தில் பிறந்தவர்களாயினும் அவர்களெல்லாம் உருவம், பண்பு ஆகியவற்றில் ஒருவர்க்கொருவர் வேறுபடுகின்றனர். ஒரே இனத்தைச் சேர்ந்த ஈ. எறும்புமுதலியவை, சாதாரணமாக ஒன்றுக்கொன்று வேறுபடுவதாக நமக்குத் தெரியவில்லையென்ருலும், அவற்றை மைக்கிரோஸ்கோப்பின் மூலம் கூர்ந்து கவனித்தால் அவைகளும் ஒன்றுக்கொன்று சற்றேனும் வேறுபடுவதைக் காணலாம். எனவே எந்த ஓர் உயிரும் அதன் வாழ்க்கையின் எப் பருவத்திலும் மற்றெந்த உயிரையும் எல்லா விதங்களிலும் ஒத்திருப்பதில்லை என்பது உயிர்களைப் பொருத்த ஒரு மாரு உண்மையாகும்.

4. **தக்கவை தரித்தல் :** தம்முள்ளே ஒன்றுக்கொன்று சற்றேனும் வேறுபடும் சந்ததிகளிடையே வாழ்வுப் போராட்டம் ஏற்படும்போது அவற்றில் அத் தருணத்துக்குத் தக்க அனுகூலமான வேறுபாடுகளை உடையவை மற்றவைகளை விட வாழத் தகுதியுடையனவாகின்றன. ஆகவே அவை வாழ்வுப் போராட்டத்தில் வெற்றிபெற்றுத் தரித்துத் தொடர்ந்து வளர்ந்து வாலிபமடைய ஏதுவாகிறது. மற்றவை போராட்டத்தில் தோல்வியுற்று இறந்துபட நேரிடுகிறது.

5. **இயற்கைத் தேர்வு :** மேற்கூறியபடி, வாழ்வுப் போராட்டத்தில் ஓர் இனத்தின் சந்ததிகளில் வாழ்ந்து வளரத் தக்கவை எவை, தகுதியில்லாதன எவை என்பதை நிர்ணயிப்பது பெரும்பாலும் அந்த இனம் வாழும் சூழ்நிலையேயாகும். உதாரணமாக ஒரு தாவரத்தின் விதைகளில் சில நிழலில் நன்ருக முளைத்து வளரக் கூடியனவாகவும், மற்றும் சில வெய்யிலில் நன்ருக முளைத்து வளரக் கூடியனவாகவும் தம்முள் வேறுபடுகின்றன என்று வைத்துக்கொள்ளுவோம். அத் தாவரம் நிழலடியான இடத்திலிருந்து அதன் விதைகளெல்லாம் நிழலில் விழுந்தால் அச் சூழ்நிலையில் நிழலில் வளரத் தகுதியுள்ளவை வெய்யிலில் வளரத்தகுதியுள்ளனவற்றைவிடவாழத் தகுதியுள்ளனவாகின்றன. ஆனல்,அத் தாவரம் வெய்யிலில் இருந்து அதன் விதைகள் யாவும் வெய்யிலில் விழுந்தால் அச்சூழ்நிலையில் வெய்யிலில் வளரத் தகுதியுடைய விதைகள் நிழலில் வளருந் தகுதியுள்ளனவற்றை விட வாழத் தகுதியுள்ளனவாகின்றன. தம்முள் வேறுபடும் சந்ததிகளில் இயற்கைச் சூழ்நிலையைப் பொருத்தே வாழத் தகுதியுள்ளவை நிர்ணயிக்கப்படுவது இயற்கைத் தேர்வு எனப்படும்.

ஒரு பிரதேசத்தின் சூழ்நிலை தலைமுறைக்குத் தலைமுறை மாறுவதில்லை. மாருகச் சூழ்நிலையின் பெரும்பாலான அமிசங்கள் பலகாலந் தொடர்ந்து ஒரே மாதிரியாகவே இருக்கின்றன. எனவே ஒரு தலைமுறையில் தக்கவைகளாகத் தரித்து வாழும் உயிர்களின் சந்ததிகளும் அடுத்த தலைமுறையில் அதே இயற்கைச் சூழ்நிலையின் தேர்வுக்கு இலக்காகின்றன. இப்படியே தொடர்ந்து பல தலைமுறைகளில் ஒரு குறிப்பிட்ட சூழ்நிலைக்கேற்ற பண்புகள் மட்டும் இயற்கையால் தேர்ந்தெடுக்கப்படுமானல் அச் சூழ்நிலைக்கேற்ப சந்ததிகளின் பண்புகள் தலைமுறைதோறும் சிறுசிறு படிகளில் மாற்றமடைந்து நாளடைவில் வேறு இனமாக மரூஉவ ஏதுவாகிறது. இவ்வாறே உலகில் உயிர் தோன்றிய பிறகு கடந்து சென்றுள்ள பல கோடிக் கணக்கான ஆண்டுகளில், ஆதியிலிருந்த ஒரு சில இனங்களிலிருந்து இன்றைய பல்லாயிரக் கணக்கான இனங்கள் மரூஉவால் தோன்றியுள்ளன. இன்றும் உயிரினங்கள் மரூஉவது தொடர்ந்து நிகழ்கின்றது. ஆனல், மரூஉவானது பல தலைமுறைகளில் நிகழும் மிக மெதுவான நிகழ்ச்சியாதலால் அதை நாம் நடைமுறையில் பார்க்க முடியாது.

டார்வினின் விளக்கத்தில் முக்கியமான அமிசம் ஓர் உயிரின் சந்ததிகளிடையே காணப்படும் சில வேற்றுமைகளாகும். வேற்றுமைகளிருக்கின்றன என்பது நேரடியாகக் காணக்கூடியதென்ருலும் அவ்வேற்றுமைகள் எப்படி ஏற்படுகின்றன என்பதை டார்வின்

விளக்கவில்லை. ஒவ்வொரு தலைமுறையிலும் இயற்கையால் தேர்ந் தெடுக்கப்படும் தக்க வேறுபாடுகளை அடுத்த தலைமுறைச் சந்ததிகள் மரபாகப் பெறுகின்றன என்று நம்பினர். ஆனால், பெற்றோரின் பண் புகள் சந்ததிகளுக்கு மரபாக வருவது எப்படி என்று அவர் காலத் தில் அறியப்படவில்லை. எனினும் இந்த அறிவு மருஉவை விளக்கு வதற்கு அடிப்படையான தென்பதை டார்வின் உணர்ந்திருந்தார். அந்தக் குறையால் தமது விளக்கம் முழுமையற்றதாகவே இருப்ப தையும் டார்வின் உணர்ந்திருந்தார். மற்றும் உயிரினங்களின் அமைப்பு, வேறுபாடு முதலிய அமிசங்களில் சிலவற்றை அவரது கோட்பாடுகளால் அன்று விளக்க முடியவில்லை. இருந்தபோதிலும் ''இனத் தோற்றம்'' என்ற தமது நூலில் டார்வின் தனது கொள் கையை இருபது ஆண்டுகளாக ஆராய்ந்து சேகரித்துப் பல உதார ணங்களோடு மிகத் தெளிவாக விளக்கியிருந்தார் அதைப் படித்த எவரும் உயிர் மருஉவின் உண்மையை உள்ளத் திருப்தியோடு ஒப் புக்கொள்ளக் கூடிய வண்ணம் அதில் தர்க்கவாதங்கள் கையாளப் பட்டிருந்தன. ஆகவே அந்நூலின் வெளியீட்டுக்குப் பிறகு உயி ரியலறிஞர்களும் மற்றவர்களும் உயிர் மருஉவின் உண்மையை மறுக்க முடியவில்லை.

டிவ்ரிஸ் (De vries) :

ஹியூகோ டிவ்ரிஸ் (Hugo de Vries) என்பவர் ஒரு டச்சு உயி ரியலறிஞராவார். பெற்றோரின் பண்புகள் சந்ததிகளுக்கு எப்படி மர பாக வருகிறது என்பதைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியில் அவர் ஈடுபட் டிருந்தார். இது பற்றி ஏற்கனவே 1865ம் ஆண்டில் கிரிகர் மெண்டல் கண்டு வெளியிட்டு ஒருவராலும் கவனிக்கப்படாமலிருந்த விதிகளை 1900ம் ஆண்டில் மறுபடியும் கண்டுபிடித்த மூவரில் டிவ்ரிசும் ஒருவ ராவார்.

ஒரு நாள் வயல்புறங்களில் உலாவிக்கொண்டிருக்கும்போது அங்குத் தன்னிச்சையாக வளர்ந்திருந்த ஏராளமான ஈனுத்திரா லாமார்க்கியானு (Oenothera lamarckiana) என்ற செடிகளிடையே, சில பண்புகளில் மற்றச் செடிகளிலிருந்து மிகுந்த வேற்றுமையை யுடைய சில செடிகள் வளர்ந்திருப்பதைக் கண்டார். அவற்றைக் கூர்ந்து ஆராய்ந்தபோது ஈனொத்திரா லாமார்க்கியானுவிலிருந்து வேறுபட்ட இனங்களாகக் கருதக்கூடிய முற்றிலும் புதிய இனங்கள் இரண்டு தோன்றியிருப்பதைக் கண்டார். அவற்றைத் தொடர்ந்து பயிரிட்டுச் சோதனை செய்து பார்த்தபோது மேலும் புதிய இனங்கள் திடீரென்று அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளின் சந்ததிகளிடையே தோன்றுவதைக் கண்டார். நுண்ணிய வேறுபாடுகள் அநேக தலை

முறைகளாகத் தொடர்ந்து ஒன்று சேர்ந்து நாளடைவில் மெதுவாக ஓர் இனம் மற்றென்ருக மரூஉவுகிறது என்று டார்வின் சொன்ன துக்கு இது முற்றிலும் மாறுபட்டதாக இருந்தது. எனவே உயிர் மரூஉவுக்கு டார்வின் அளித்த விளக்கங்கள் தவருனவை என்றும், புத்தினத் தோற்றம் அவ்வப்போது திடீரென நிகழும் நிகழ்ச்சியாகு மென்றும் டிவ்ரிஸ் கருதினுர். அவ்வாறு நிகழுவதற்கு மியூடேசன் (Mutation) என்று பெயரிட்டு, மியூடேசனே மரூஉவின் முக்கிய காரணமென்றும் இயற்கைத் தேர்வு அல்ல வென்றும் கூறினுர்.

ஈனுெத்திரா லாமார்க்கியானுவைப் போல் மற்ற உயிர்களில் மியூடேசனுல் புது இனங்கள் தோன்றுவதாக ஏன் காணப்பட வில்லை என்ற கேள்வி டிவ்ரிசின் கூற்றிலிருந்து எழுகிறது. இதற்கு டிவ்ரிஸ் அளித்த விளக்கமாவது : ஒவ்வோர் இனமும் அதன் சரித்திரத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் மட்டுமே மியூடேசனுல் புத்தினங்களைத் தோற்றுவிக்கக் கூடும். ஈனுெத்திரா அத்தகைய காலக் கணக்கை யடைந்திருப்பதால் அதில் மியூடேசன் நிகழு வதை நாம் காண்கிறேம். ஆனுல், மற்ற இனங்கள் அப்படிப்பட்ட நிலையில் இல்லாததால் அவற்றில் மியூடேசன் நிகழவில்லை. அவற் றிலும் உரிய காலத்தில் மியூடேசன் ஏற்பட்டுப் புத்தினங்கள் தோன்றும்.

டார்வினின் கொள்கைக்குத் தமது கொள்கை முரணுனதென்று டிவ்ரிஸ் கருதினுலும் உண்மையில் அவ்வாறில்லை. ஏனென்றல் புத்தினங்கள் மியூடேசனுல் திடீரென்று தோன்றுவதாக வைத்துக் கொண்டாலும், அந்தப் புத்தினங்கள் அவை இருக்கும் சூழ்நிலையில் வாழத் தகுதியுள்ளனவாகி இருந்தாலன்றி வெற்றிகரமாக வாழ்ந்து வளர்ந்து சந்ததிகளை யுண்டாக்க முடியாது. எனவே சந்ததிகளில் தோன்றும் சிறு வேறுபாடுகளைப் போலவே, பெரிய திடீர் வேறுபாடு களான புத்தினங்களும் இயற்கைத் தேர்வுக்கு இலக்காகாமலிருக்க இயலாது. ஆகையால் டிவ்ரிசின் கொள்கை டார்வினின் கொள் கைக்கு அனுசரணையானதன்றி முரண்பட்டதல்ல என்றே பலரும் கருதினர்.

திடீரென்று தோன்றி மரபு வழிப்படும் பெரிய மாற்றம் என்ற பொருளில் மியூடேசன் என்ற சொல் டிவ்ரிசால் உருவாக்கப்பட்டது. ஆனுல், அவருடைய காலத்துக்குப் பிறகு அச்சொல்லின் பொருள் மாறிவிட்டது. உயிரின் மரபுருவில் ஏற்படும் எந்த மாற்றமும், அது மிக நுண்ணியதாயினும், பெரியதாயினும் மியூடேசனுகும் என்று

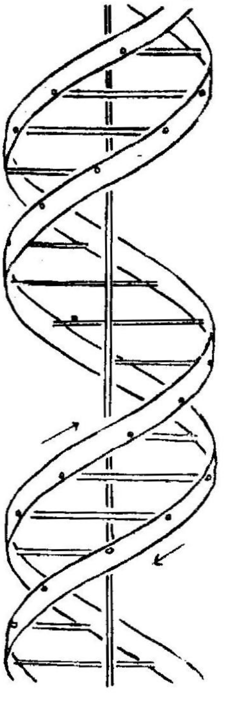
இப்போது கொள்ளப்படுகிறது. பொதுவாக நுண்ணிய மாற்றங்களே மிக அதிகமாகவும், பெரிய மாற்றங்கள் மிகச் சிலவாகவும் ஏற்படுகின்றன. டிவ்ரிஸ் சொன்னதுபோல் ஒரே தலைமுறை இடைவெளியில் மியூடேசனால் புதிய இனம் தோன்றுவதாக இதுவரை எந்த உயிரிலும் காணப்படவில்லை. ஈனொத்திராவில் அவர் கண்ட புத்தினத் தோற்றம் உண்மையில் மியூடேசனால் ஏற்பட்டவையல்லவென்றும்,ஒரு பிரத்தியேகமான மரபுருவின் விளைவாக ஏற்படுபவை என்றும் சமீப காலத்திய ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து தெரியவந்துள்ளது. மற்றும் ஓர் உயிரின் சந்ததிகளிடையே காணப்படும் சிறுவேற்றுமைகளின் முக்கிய அடிப்படை மியூடேசனாகுமென்றும், அவையே மரூஉவுக்கும் அடிப்படையாகுமென்றும் இப்போது அறியப்பட்டுள்ளது. எனவே மியூடேசனை நுண்ணளவில் நிகழும் அடிப்படை மரூஉ வெனக் கொள்ளலாம். ஆகவே மியூடேசனை நுண்மரூஉ என்று குறிப்பிடலாம்.

மரூஉவின் இன்றைய நிலை

டார்வின், டிவ்ரிஸ் முதலியவர்களுக்குப் பிறகு மரபியலறிவு வெகுவாக வளர்ந்துள்ளது. அதனால் மரூஉவைப்பற்றி டார்வின் காலத்தில் விளங்காத பல அமிசங்கள் இன்று விளக்கப்பட்டு, மரூஉ நிகழும் வழிகள் மேலும் தெளிவாக அறியப்பட்டுள்ளன. மரூஉவைப் பற்றிய இன்றைய அறிவின் முக்கிய கோட்பாடுகளைச் சுருக்கமாகப் பார்ப்போம்.

உயிர்களின் மரபுருவின் பெரும்பகுதி அவற்றின் செல்களிலுள்ள நுகளிகளில் (Nuclei) அமைந்துள்ள குரோமோசோம் (Chromosome) களிலிருக்கிறது. குரோமோசோம்களிலிருக்கும் டியாக்சி ரிபோ நியூக்ளிக் ஆசிட் (Deoxy ribo nucleic acid) என்னும் உயிர் வேதியப் பொருளே, உயிர்களின் பண்புகளுக்கு அடிப்படையான ஜீன்களின் இருப்பிடமாகும். டியாக்சி ரிபோ நியூக்ளிக் ஆசிடானது ஐங்கரிச் சர்க்கரை (Pentose sugar) பாஸ்பேட் (Phosphate)பியூரின் (Purine), பிரமிடின் (Pyramidine) ஆகியவற்றின் கூட்டாலமைந்த நீண்ட மாலிக்யூல்களைக் கொண்டதாகும். இம்மாலிக்யூலின் பொது உரு முறுக்கிய ஏணி போன்றதாகும் (படம் 25). பாஸ்பேட்டும், சர்க்கரையும் ஏணியின் இரு சட்டங்களைப் போலும் பியூரின், பிரமிடின் ஆகியவை ஏணியின் படிகளைப் போலவும் அமைந்துள்ளன. பியூரினில், அடினின் (Adenine), குயானின் (Quanine) என்று இரண்டும், பிரமிடினில், சைடொசின் (Cytosine), தையமின் (Thyamine) என்று இரண்டும் உள்ளன. இவற்றில் அடினின் தையமின்சேர்க்கையாலும்,சைடொசின் குயானின் சேர்க்கையாலும்

மொத்தம் நான்கு விதமான ஏணிப்படிகள் ஏற்படுகின்றன. ஒவ்வொரு டிஎன்ஏ (DNA) மாலிக்யூலிலும் ஆயிரக்கணக்கான படிகள் இருக்கலாம். மாலிக்யூலில் நான்கு விதமான படிகளும் அமைந்துள்ள வரிசைக்கிரமம் ஓர் உயிரிலிருப்பதுபோல் மற்ருேர் உயிரில் இருப்பதில்லே. டிஎன்ஏ மாலிக்யூலிலுள்ள இந்த அடிப்படை வேறுபாடே ஓர் உயிர் மற்ற உயிரிலிருந்து வேறு படக் காரணமாகிறது.



படம் 25.

டியாக்சி ரிபோ நியூக்ளிக் ஆசிட் (டிஎன்ஏ—DNA) கட்டமைப்பு.

டிஎன்ஏ மாலிக்யூல் மிகச் சிக்கலான அமைப்பை யுடையதென்ருலும், அது தாஞகவே தன்னைப் போன்ற பிறிதொரு மாலிக்யூலே உண்டாக்க வல்லதாக இருக்கிறது. மைட்டாசிஸ் (Mitosis) மூலம் இரட்டிக்கப் போகும் செல்லில் அதன் நுகளியில் (Nucleus) உள்ள டிஎன்ஏ மாலிக்யூல்கள் ஒவ்வொன்றும் தம்மைப்போன்ற பிறிதொரு மாலிக்யூலே உண்டாக்குகின்றன. எனவே செல்லிலுள்ள டிஎன்ஏ அளவு இரட்டிக்கிறது. பிறகு செல்லிரட்டிப்பின்போது டிஎன்ஏ யானது குரோமோசோம் வடிவில் இரண்டு செல்களுக்குப் பிரிந்து செல்லுகிறது. ஆனல், இனவிருத்திக்கான கேமீட்டுகளுண்டாகும் போது நிகழும் குறைப்பிரட்டிப்புக்கு (Reduction division) முன் செல்லின் டிஎன்ஏ இரட்டிப்பதில்லே. செல்லிரட்டிப்பின்போது நுகளியிலுள்ள டிஎன்ஏவில் பாதி ஒரு செல்லுக்கும் மற்ருெரு பாதி மற்ருெரு செல்லுக்கும் பிரிந்து செல்லுகிறது. எனவே குறைப் பிரட்டிப்பால் ஓர் உயிரில் உண்டாகும் செல்களில், அவ் வுயிரின் மற்றச் செல்களிலிருப்பதில் பாதி அளவு டிஎன்ஏ மட்டுமே இருக்கும். இவ்வாறு பாதியாகக் குறைந்த டிஎன்ஏ வையுடைய நுகளியைக் கொண்ட செல்களிலிருந்தே கேமீட்டுக ளுண்டாகின்றன. கருவுறலில் இரண்டு கேமீட்டுகள் ஒன்று கூடும்போது இரு பாதி டிஎன்ஏவும் சேர்ந்து பழைய அளவு பெறப்படுகிறது. இவற்றிலிருந்து குரோமோசோம்களிலுள்ள டிஎன்ஏயின் நடவடிக்கை மெண்டலினுல் அனுமானிக்கப்பட்ட இயல்பிகளின் நடவடிக்கையைப் போலவே இருக்கிறதென்பது புலனகிறது. ஆகவே குரொமொசோம்களிலிருக்கும் டிஎன்ஏ தான் இயல்பிகளின் இருப்பிடம் என்றும் டிஏன்ஏயின் மூல

மாகவே பெற்ருேரின் பண்புகள் சந்ததிகளுக்கு மரபாக வழங்கப் படுகிறதென்றும் தெரிகிறது.

மரபு பொருளான டிஎன்ஏ பொதுவாக எல்லா அமிசங்களிலும் தன்னைப் போன்ற டிஎன்ஏவையே உண்டாக்கும். ஆனல், சில சமயங்களில் பியூரின், பிரமிடின் கூட்டாலமைந்த நான்குவிதப் படிகளின் வரிசைக்கிரமம் டிஎன்ஏ மாலிக்யூல்களின் சில இடங்களில் மாற்றமடைகிறது. இதன் காரணம் என்னவென்று தெளிவாகத் தெரியவில்லை. இம்மாற்றத்தால் அங்கிருக்கும் இயல்பியின் தன்மையும், இயல்பியால் கட்டுப்படுத்தப்படும் பண்பின் தன்மையும் மாற ஏதுவாகிறது. மரபு பொருளான டிஎன்ஏவில் ஏற்படும் எந்த மாற்றமும் சந்ததிகளிலும் தொடருமாதலால் இம்மாற்றம் ஒவ்வொன்றும் ஒரு நுண்மரூஉவாகிறது. பொதுவாக, கேமீட்டுகளுண்டாவதற்கு முன் நிகழும் குறைப்பிரட்டிப்பின்போது ஒரு சில நுண் மரூஉக்களேனும் நிச்சயம் ஏற்படுகிறது. மற்றும் ஒவ்வொரு கேமீட்டிலும் வெவ்வேறு நுண்மரூஉக்கள் ஏற்படுகின்றன. எனவே, கேமீட்டுகளின் சேர்க்கையால் தோன்றும் சந்ததிகளொவ்வொன்றும், பொதுவாகப் பெற்ருேரை ஒத்திருந்தாலும் சிற்சில அமிசங்களில் தம்முள் ஒன்றிலிருந்து ஒன்றும், பெற்ருேரிலிருந்தும் வேறுபடுகின்றன.

இவ் வேறுபாடுகள், வாழ்க்கைப் போராட்டத்தில் இயற்கைத் தேர்வுக்கு இலக்காகின்றன. இதனல் ஒன்று அல்லாது ஒருசில சந்ததிகளில் மட்டும் தோன்றிய சாதகமான வேறுபாடுகள் வெற்றி பெற்றுப் பாதுகாக்கப்பட்டுப், பாதகமானவை நீக்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக ஓர் இனத்தின் 1000 உயிர்கள் கொண்ட கும்பலில் ஒரே ஒரு சந்ததியில் சாதகமான ஒரு நுண்மரூஉ தோன்றுகிறதென்று வைத்துக்கொள்வோம். வாழ்க்கைப்போராட்டத்தில் அந்தச் சந்ததி நிச்சயம் வெற்றி பெற்று வாழும். இவற்றில் ஒவ்வோர் உயிரும் 10 சந்ததிகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன என்று வைத்துக் கொண்டால் மொத்தம் 10,000 சந்ததிகள் தோன்றும். ஆனல், இவற்றில் 1000க்கு மேல் வாழ இடமும் மற்ற வசதிகளும் இராததால் வாழ்க்கைப் போராட்டம் ஏற்படுகிறது. இப் போராட்டத்தில், சாதகமான நுண்மரூஉவைப் பெற்ற உயிரின் சந்ததிகள் 10ம் நிச்சயம் வெற்றி பெறும். மற்ற 9990ல் 9000 மடிந்து 990 மட்டுமே தங்கும். ஆகவே முன்பு 0·1% உயிர்களில் மட்டும் இருந்த நுண் மரூஉ இப்போது 1%ஆக உயருகிறது. இவை இனவிருத்தி செய்யும் போது அந்த நுண்மரூஉ சாதகமானதாகவே இருந்தால் 10%ஆக உயர்ந்து விடும். இவ்வாறே சில காலத்தில் ஒரே ஓர் உயிரில் தோன்றிய சாதகமான நுண்மரூஉ அவ்வினத்தின் எல்லா உயிர் களிலும் பரவி விட ஏதுவாகிறது.

மேற் கூறியபடி, சாதகமான நுண்மரூஉக்கள் இயற்கைத் தேர்வினுல் சீக்கிரம் அதிகரித்தாலும், ஓர் இனம் மற்ருேர் இனமாக மாறுவதற்கு அநேக நுண்மரூஉக்கள் ஏற்பட்டு அந்நுண்மரூஉக் களையுடைய உயிர்கள் அதே இனத்தைச் சேர்ந்த மற்றஉயிர்களோடு கலக்காமல் தனித்த ஒரு கும்பலாக இனவிருத்தி செய்ய வேண்டுவ தவசியமாகும். இல்லாவிட்டால், புதிதாகத் தோன்றிய சாதக நுண்மரூஉக்கள் மற்றவைகளோடு கலந்து ஒரு கலப்புக் கும்பலாகி விடும். ஆனுல், தனித்த ஒரு கும்பலாக இருந்து இனவிருத்தி செய்தால் அக் கும்பல் அவ் வினத்தைச் சேர்ந்த மற்ற உயிர்களி லிருந்து வேறுபட்ட முறையில் தலைமுறைதோறும் நுண்மரூஉக் களால் வேறுபட்டுக்கொண்டே சென்று நாளடைவில் தனி இனமாக மரூஉவும்.

ஓர் இனத்தின் சில உயிர்கள் நுண்மரூஉவால் தனிப்பட்ட கும்பலாக விலகி வாழ்வது பல வழிகளால் ஏற்படலாம். இவ் வழிகள் தனிப்படு வழிகள் (Isolating mechanisms) எனப்படும். உதாரண மாக, வெப்பம் மிக்க மலையடிவாரத்தில் வாழும் ஒரு தாவரத்தில் வெப்பக்குறைவான இடத்தில் மட்டும் நன்ருய்வளரக்கூடியஒருநுண் மரூஉ ஏற்படுகிறதென்று வைத்துக் கொள்வோம். அத் தாவரத்தின் விதைகள் பரவும்போது, பல விதைகள் மலைமேல் உயரத்தில் விழக் கூடும். அப்படி விழுகின்ற விதைகளில், குளிரில் நன்ருக முளைத்து வளரக்கூடிய விதைகள் மட்டும் வளர்ந்து மற்றவை வளரமுடியாமல் போகும். அவ்வாறு மலைமேல் தரித்து வளரும் தாவரங்கள் அடி வாரத்தில் வளருந் தாவரங்களோடு கலக்காமல் தனிப்பட்ட கும்ப லாகி இனவிருத்தி செய்யத் தொடங்கும்.

மேற்கூறிய தனிப்படு வழி சூழ்நிலையால் ஏற்படுவதாகும். மற்றும், கலவியுறுப்புகளில் மாற்றமேற்படல், கேமீட்டுகள் கூடுந் தன்மையை இழத்தல், கேமீட்டுகள் கூடினுலும் கரு வளராமல் போதல் முதலிய பலவாருன நுண்மரூஉக்களால் ஓர் இனத்தின் சில உயிர்கள் தனிப்படலாம். இவ்வாறு நுண்மரூஉக்களால் தனிப் படுவதே உயிர்மரூஉவின் மிக முக்கியமான படியாகக் கருதப் படுகிறது.

நுண்மரூஉக்களைத் தவிர, குரொமோசோம்களின் மடங்கு அதிகரித்துப் பன்மடங்கியாவது (Polyploid) மூலமும் ஓர் இனம் மற்ருேர் இனமாக மரூஉவக்கூடும். ஆனுல், இப்படிப்பட்ட மரூஉ தாவரங்களில் மட்டுமே காணக்கூடிய மிக அபூர்வமான நிகழ்ச்சி யாகும். கோதுமை, நெல், கரும்பு முதலிய தாவர இனங்கள் இப்படிப்பட்ட மரூஉவால் தோன்றிய இனங்களென்று தெரிய வந்துள்ளது.

தாவர இயங்கியல்

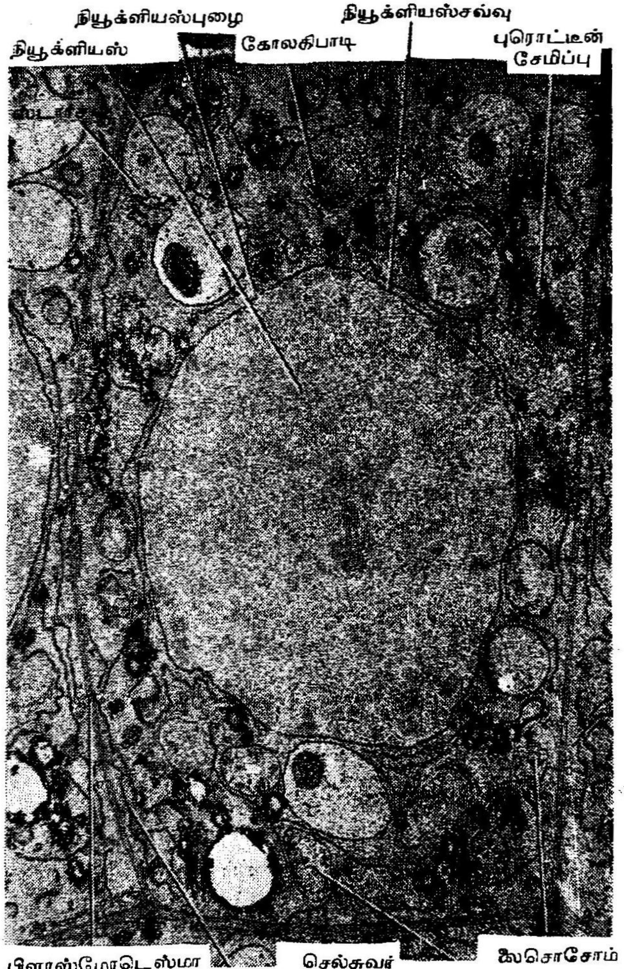
(PLANT PHYSIOLOGY)

1. தாவரங்களின் சில பொதுப் பண்புக்கள்

தாவரங்களெல்லாம் செல்களாலானவை. ஒரு தாவரம் பல்லாயிரக் கணக்கான செல்களாகியிருந்தாலும், அதன் ஒவ்வொரு செல்லும், அமைப்பு இயக்கம் ஆகிய இரு அமிசங்களிலும் தனிப்பட்ட தன்மையை உடையதாகும். எனவே ஒரு தாவரத்தின் இயக்கமானது அதனுடைய அனைத்துச் செல்லியக்கங்களின் கூட்டே எனலாம். ஆகையால் தாவரங்களின் இயக்கத்தைப் பற்றி அறிய அவற்றினுடைய செல்களின் அமைப்பையும், இயக்கத்தையும் பற்றிய அறிவே அடிப்படையாக அமைவதாகும்.

தாவர செல்கள் உறுதியான செல் சுவரினால் பொதியப்பட்டனவாகும். எல்லாச் செல்களின் சுவர்களிலும் நடு லேமெல்லா (Middle lamella), முற்சுவர் (Primary wall) ஆகிய இரண்டு பகுதிகள் உள்ளன. இவ்விரு பகுதிகளைத் தவிர பல செல்கள் பிற்சுவரையும் (Secondary wall) கொண்டுள்ளன. நடு லேமெல்லா அடுத்துள்ள செல்களை ஒன்று சேர்க்கிறது. முற்சுவரும், குறிப்பாகப் பிற்சுவரும் செல் சுவருக்கு உறுதியை அளிக்கின்றன.

செல் சுவரினுள்ளே இருக்கும் பொருள் புரொட்டொபிளாசம் என்னும் பொதுப் பெயரால் குறிக்கப்படுகிறது. இதுவே தன்னைச் சூழ்ந்துள்ள செல் சுவரை உண்டாக்குவதுட்படச் செல்லின் எல்லா உயிர்க் கிரியைகளும் நிகழும் களமாகும். எனவே இதை உயிரிலம் என்றும் சொல்லலாம். புரொட்டொபிளாசத்தின் முக்கிய பாகங்கள் நியூக்ளியஸ் (Nucleus), பிளாஸ்டிடுகள் (Plastids), மிட்டோகோன்ரியங்கள் (Mitochondrion), லைசொசோம்கள் (Lyzozomes), வேக்யூல்கள் (Vacuoles), ரைபொசோம்கள் (Ribosomes) முதலியவைகளும் இவற்றைச் சூழ்ந்து செல் சுவரின் உட்புறத்தை ஒட்டினுற்



படம் 26.

எலெக்ட்ரான் மைக்ரொஸ் கோப் மூலம் காணப்படும் தாவர செல் நுண்ணமைப்பு. தாவரத்தின் பெயர்—ஸ்டெல்லேரியா மீடியா பாகம்—ஹைப்போகாட்டில். பெருக்கம்—20,000.

போலிருக்கும் செல் சவ்வும் (Cell membrane), செல் சவ்வாலுருவான எண்டோ பிளாஸ்மிக் ரெட்டிகுலமும் (Endoplasmic Reticulum) ஆகும். நியூக்ளியசானது செல்லின் மரபுருவைத் தாங்கிய குரொமோசோம்களைக் கொண்டதும் அதன் மூலம் செல்லின் இயக்கங்களை அடக்கியாளுவதுமாகும். ஆனால், ஏறக்குறைய எல்லாச் செல்லியக்கங்களும் நியூக்ளியசைத்தவிர்த்த மற்றப்பாகங்களில்தான் நிகழுகின்றன. நியூக்ளியசைத் தவிர்த்த மற்றப் பாகங்கள் சைட்டோபிளாசம் (Cytoplasm) என்னும் பொதுப்பெயரால் குறிக்கப்படுகின்றன.

சைட்டோபிளாசத்தின் பௌதிக வியல்பு
(Physical Properties of Cytoplasm)

1. **ஊடுதெரிவு** (Transparency) : சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள நிறமிகளான பசுணிகள் போன்ற பிளாஸ்டிடுகளைத் தவிர மற்றப் பாகங்கள் ஒளி ஊடுருவிச் செல்லக்கூடியதாய், ஊடுதெரியும் தன்மையைக் கொண்டுள்ளது.

2. **நீண்டுசுருங்கல்** (Elasticity) : திரவத் தன்மையுடையதாயினும் சைட்டோபிளாசம் ரப்பரைப்போல் நீண்டு சுருங்கும் தன்மையையும் உடையதாகும். ஆனால், சில சமயங்களில், நீண்டு சுருங்குந் தன்மையைவிட அமுங்குந் தன்மை அதிகமாகவும், சில சமயங்களில் மிகுதிரவத் தன்மையால் நீண்டு சுருங்கக் கூடாததாகவும் இருக்கக்கூடும். சைட்டொபிளாசத்தின் நீண்டு சுருங்குந் தன்மை அதிலடங்கிய புரொட்டீன் மாலிக்யூல்களாலேற்படுவதாகும்.

3. **பிசுக்குடைமை** (Viscosity) : பொதுவாக சைட்டொபிளாசம் பிசுக்குடையதாகும். சுறுசுறுப்பாக இயங்கும் செல்களின் சைட்டோபிளாசம், மந்த இயக்கத்தை யுடையனவற்றைவிடக் குறைவான பிசுக்குள்ளதாகும். மற்றும் சைட்டோ பிளாசத்தின் பிசுக்களவு திடீரென மாற்ற மடையக்கூடிய தாகும். பொதுவாக சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள தண்ணீரின் அளவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க அதன் பிசுக்குக் குறைகிறது.

4. **நீரோடு கலவாமை :** சைட்டோபிளாசத்தில் 90 சதவீதத்துக்கு மேல் தண்ணீரிருந்தாலும், சாதாரணமாக அது தண்ணீரோடு கலக்காததாகும். இதன் முக்கிய காரணம் சைட்டோபிளாசத்தின் வெளிப் பரப்பு நீரொடு கலக்காத கொழுப்புப் பொருள்களாலான சவ்வினால் மூடப்பட்டிருப்பதாகும். இச் சவ்வு கிழிந்தாலும் உடனே அக் கிழிசலை மூட மற்றொரு சவ்வு உண்டாகிறது. அவ்வாறு சவ்வு

உண்டாகாத நிலைமை ஏற்படுமாயின் சைட்டொபிளாசம் தண்ணீரோடு கலக்குந் தன்மையை எளிதில் அடைகிறது.

5. **ஜிலேஷன் (Gelation) :** சைட்டோபிளாசம் கொல்லாய்டு தன்மையை உடையதாகும். ஜெல் எனப்படும் கெட்டியான கொல்லாய்டாகவும், சால் எனப்படும் திரவ ரூபமான கொல்லாய்டாகவும் எளிதாகவும், விரைவாகவும் மாற்றமடையக்கூடிய தாகும்.

6. **துவைதல்** (Coagulability) : பொதுவாகச் சைட்டோபிளாசமானது 60° C. அல்லது அதற்கதிகமான வெப்பத்தால் உருவிழந்து துவைந்து போகக்கூடியதாகும். வெப்ப அதிகரிப்பால் உயிர்கள் இறந்துபோவதன் காரணம் சைட்டொபிளாசம் துவைவதேயாகுமென்று கருதப்படுகிறது. சைட்டொபிளாசத்தைத் துவைய வைக்கும் மற்றச் சாதனங்கள் உப்புக் கரைசல்கள், மின்சாரம், மிகுகுளிர், அழுத்தம், கேளாவிரைவலைகள் (Supersonic vibrations), குறிப்பிட்ட அலை நீளமுடைய மின்காந்த அலைகள், எக்ஸ் கதிர்கள், காமா கதிர்கள், மிகு ஊதா அலைகள் (Ultraviolet rays) முதலியவையாகும்.

7. **மின்தன்மை :** சைட்டொபிளாசம் pH 4.6 முதல் pH 5 வரையான மின்தன்மையுடையதாகத் தெரிகிறது. சைட்டோபிளாசம் பொதுவாகக் காரத்தன்மை யுடையதாகையால் அதன் பொருள்கள் நெகடிவ் மின்தன்மை யுடையதாக இருக்கின்றன. ஆனல், சைட்டொபிளாசத்தில் வெவ்வேறுமின்தன்மையுடைய பல பொருள்கள் அடங்கியிருப்பதால், அதன் மின்தன்மை குறிப்பிட்ட அளவுக்கிடையே வேறுபடக்கூடியதாகும். சைட்டொபிளாசத்தில் மின்கரைசல்கள் பல இருப்பதால் அது ஒரு மின்கடத்தியாகவுள்ளது. ஆனல், அதன் மின்கடத்துந் திறன் மிகக் குறைவானதாகும்.

8. **பாய்தல்** (Streaming) அநேக செல்களில் சைட்டோபிளாசம் பாய்ந்து ஓடிக்கொண்டிருப்பதைக் காண முடிகிறது. சைட்டோபிளாசம் ஓடும் வேகம் அதிகபட்சம் ஒரு விநாடிக்கு ஒரு மில்லி மீட்டராகும். சைட்டோபிளாசத்தின் ஓட்டத்துக்குக் காரணம் என்னவென்று தெரியவில்லை. வெப்பம் அதிகரிக்கும்போது சைட்டோபிளாசத்துக்கு ஊறு நேரும் நிலை வரும்வரை அதன் ஓட்டம் அதிகரிக்கிறது. வெப்பம் குறையக் குறைய ஓட்டம் குறைந்துகொண்டே வந்து உறை வெப்பத்துக்குச் சற்றே அதிகமான வெப்பத்தில் முற்றிலும் நின்று விடுகிறது.

புரொட்டொ பிளாசத்தின் வேதிய இயல்பு

உயிருள்ள புரொட்டொபிளாசம் சதா இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் மிகச் சிக்கலான அமைப்பையுடையதாகும். உயிரோடியங்கும்போது அதன் வேதிய இயல்பு இன்னதென்று கண்டறிவதியலாததாகும். ஏனென்றால் அதைப் பரிசோதனைகளுக்குட்படுத்தத் தொடங்கினால் அது உடனே தனது உயிர்த் தன்மையை இழந்து உயிரற்றதாகி விடுகிறது. அப்படி உயிரற்ற தன்மையை எய்திய புரொட்டொ பிளாசத்தின் வேதிய இயல்பை மட்டுமே நாம் அறியக்கூடும்.

பிளாஸ்மோடியம் (Plasmodium) என்னும் வகையைச் சேர்ந்த ஒரு பூஞ்சணத்தின் புரொட்டொபிளாசத்தின் வேதிய இயல்பு கீழ் வரும் அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளது.

1. நீரில் கரையக்கூடிய பொருள்கள்—பெரும்பாலும் வேக்யூல் களிலடங்கியவை :

மோனோசேக்கரைடுகள் (Monosaccharides) – 14.2%

புரொட்டீன்கள் 2.2%

அமினோ ஆசிடுகள், அஸ்பரஜின் முதலியவை 24.3%

2. நீரில் கரையாத ஆர்கானிக் பொருள்கள்—பெரும்பாலும் புரொட்டொபிளாசத்தில் இருப்பவை :

நியூக்ளியோ புரொட்டீன்கள் (Nucleo Proteins) - 32.3%

நியூக்ளிக் ஆசிடுகள் (Nucleic Acids)—2.5%

குளோபுலின் (Globulin)—0.5%

லிப்போ புரொட்டீன்கள் (Lipo Proteins)—4.8%

நியூட்ரல் கொழுப்புகள் (Neutral Fats)—6.8%

ஃபைட்டோஸ்டீரால் (Phytosterol)—3.2%

ஃபாஸ்ஃபேடைடுகள் (Phosphatides)—1.3%

மற்றவை—3.5%

3. தாது உப்புகள் – நீரில் சுமாராகக் கரையக் கூடியவை 4.4%

மேற்கண்ட விவரங்கள் புரொட்டொபிளாசத்தின் வேதிய அமைப்பை ஓரளவுக்குக் குறிப்பிடுவதாயினும், முற்றிலும் இடிந்து தரை மட்டமாகிய ஒரு வீட்டின் இடிபாடுகளிலிருந்து அதன் உரு

வத்தை எவ்வளவு தூரம்அறிய முடியுமோ அவ்வளவே இதிலிருந்து புரொட்டொபிளாசத்தின் உண்மை அமைப்பை அறியலாம். ஏனென்ருல் புரொட்டொபிளாசத்தின் உயிர்த்தன்மை அதிலடங்கி யிருக்கும் பொருள்களைவிட அப் பொருள்கள் ஒன்றுக்கொன்று கொண்டுள்ள தொடர்பையே பொருத்ததாகும். இது காரணமாகப் புரொட்டொபிளாசம் எல்லா உயிர்களுக்கும் பொதுவானதென்று கருதப்பட்டாலும் ஒவ்வோர் உயிரின் புரொட்டொபிளாசமும் நுண் ணமைப்பில் மற்றவைகளிலிருந்து வேறுபட்டதாகுமென்றே கருத வேண்டியுள்ளது.

தாவரங்களின் ஆரோக்கிய வளர்ச்சிக்கும் வாழ்க்கைக்கும் தேவையான இன்றியமையாத தனிமங்கள் கரி, ஹைட்ரஜன், ஆக்சிஜன், நைட்ரஜன், கந்தகம், பாஸ்பரஸ், கால்சியம், மக்னீ சியம், பொட்டாசியம், இரும்பு, மாங்கனீஸ், போரன் துத்தநாகம், செம்பு, மாலிப்டினம் முதலியவைகளாகும்.

இவற்றில் முந்திய பத்தும் தாவரங்களுக்குக் கணிசமான அள வில் தேவைப்படுவனவாகும். பிந்திய ஐந்தும் மிகக் குறைந்த அளவில் தேவைப்படுவனவாகும். இன்றியமையாத இப்பதினைந்து தனிமங்களைத் தவிர மற்றப் பல தனிமங்கள் தாவரங்களில் குறைந்த அளவில் காணப்படலாம். இவ்வாறு மொத்தம் சுமார் 40 தனி மங்கள் தாவரங்களில் காணப்பட்டுள்ளன.

மக்காச் சோளச் செடியில் காணப்படும் தனிமங்களின் அளவு கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

தனிமம்	**மொத்த வற்றெடைச் சதவீதம்**
கார்பன்	—43.569
ஆக்சிஜன்	—44.431
ஹைட்ரஜன்	—6.244
நைட்ரஜன்	—1.459
கந்தகம்	—0.167
பாஸ்பரஸ்	—0.203
கால்சியம்	—0.227
பொட்டாசியம்	—0.921
மக்னீசியம்	—0.179
இரும்பு	—0.083
மாங்கனீஸ்	—0.035

தனிமம்	மொத்த வற்றெடைச் சதவீதம்
சிலிகன்	— 1.172
அலுமினியம்	—0.107
குளோரின்	—0.143
மற்றவை (நிர்ணயிக்க முடியாதவை)	—0.933

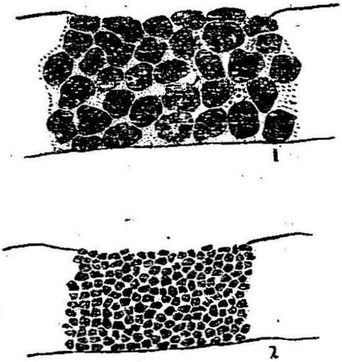
ஒரே மண்ணில் வளரும் வெவ்வேறு இனத் தாவரங்கள் வெவ்வேறு தனிமங்களை வெவ்வேறு அளவில் கொண்டுள்ளன வென்பதைக் கீழ்க்காணும் அட்டவணையிலிருந்து அறியலாம்.

இனம்	வற்றெடையில் சதவீதம்				
	கால்சியம்	பொட்டாசியம்	மக்னீசியம்	நைட்ரஜன்	ஃபொஸ்ஃபரஸ்
சூரியகாந்தி	1.68	3.47	0.730	1.47	0.080
அவரை	1.46	1.19	0.570	1.48	0.053
கோதுமை	0.46	4.16	0.225	2.26	0.058
பார்லி	0.68	4.04	0.292	1.94	0.125

தமக்குத் தேவையான தனிமங்களனைத்தையும் தாம் வாழும் சூழ்நிலையிலிருந்தே தாவரங்கள் பெற வேண்டும். பெரும்பான்மையான தாவரங்கள் நிலத்தில் வேரூன்றி வளருவன வாதலால், கரி, ஆக்சிஜன் ஆகிய இரண்டு தனிமங்களைத் தவிர மற்றவைகளை மண்ணிலிருந்தே பெறுகின்றன. ஆனால், எந்தத் தனிமத்தையும் தனிமமாகத் தாவரங்கள் எடுத்துக்கொள்ளுவதில்லை. இரண்டு அல்லது இரண்டுக்கு மேற்பட்ட தனிமங்களாலான வேதியக்கூட்டுப் பொருள்களாகவே எடுத்துக்கொள்ளுகின்றன. மற்றும் விலங்குகளைப்போல் தாவரங்கள் எதையும் விழுங்க முடியாது. உறிஞ்ச மட்டும் முடியும். ஆகவே தாவரங்கள் எடுத்துக் கொள்ளும் எல்லாக் கூட்டுப் பொருள்களும் நீரில் கரைந்த நிலையிலேயே அவற்றால் பெறப்படுகின்றன. எனவே தாம் வேரூன்றி நிற்கும் மண்ணும் அதிலடங்கிய வேதியக்கூட்டுகளும், அக்கூட்டுகளைக் கரைக்கத் தேவையான தண்ணீரும் தாவரங்களின் வளர்ச்சியையும் வாழ்க்கையையும் நெறிப்படுத்தும் பிரதான அமிசங்களாகும்.

2. மண்ணும் நீரும்

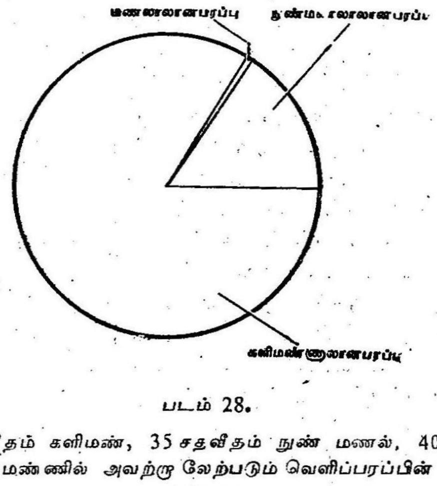
மண்ணுனது அநேக பொருள்களைத் தன்னுள் அடக்கிய மிகச் சிக்கலான அமைப்பை உடையதாகும். பொதுவாக மண்ணில் தாவரங்களின் வாழ்க்கையோடு சம்பந்தப்பட்ட அமிசங்கள் ஐந்தாகும். அவற்றைப் பற்றிய விவரங்களாவன:



படம் 27.

வெவ்வேறு பரிமாணமுள்ள மண் துணுக்குகளின் இயைபு.

1. **மண்ணின் மினரல்கள்:** எல்லாவித மண்களும் ஆதியிலிருந்த பாறைகள் பொடியானதாலுண்டாவதாகும். காற்று, மழை, வெப்பம், வேதிக்கிரியை முதலியவற்றின் செயலால் பாறைகள் உடைகின்றன. அவ்வாறு அவை உடைந்து பொடியாகும் போது உண்டாகும் துணுக்குகள் ஒரே அளவான பருமனுடையவைகளாய் இரா. பல்வேறு பருமன்களை உடையனவாக இருக்கின்றன (படம் 27,28). துணுக்குகளின் பருமனைப் பொருத்துக் கீழ்க்கண்டபடி அவை வெவ்வேறு பெயர்களால் குறிப்பிடப்படுகின்றன.



படம் 28.

25 சதவீதம் களிமண், 35 சதவீதம் நுண் மணல், 40 சதவீதம் மணலுடைய மண்ணில் அவற்று லேற்படும் வெளிப்பரப்பின் அளவுகள்.

MARA PUBLIC LIBRA

பருமன்	துணுக்கின் விட்ட அளவு
பருமணல்	2.0 0.2 மி.மீ
நொய்மணல்	0.2 0.02 மி.மீ.
வண்டல்	0. 02 0.002 மி.மீ
களிமண்	0.002 மி.மீக்கும் குறைவு

பெரிய பாறைகளும் கற்களும் மண்ணின் பகுதியாகக் கருதப்படுவதில்லை. மேற்கண்ட நான்குவிதத் துணுக்குகளும் வெவ்வேறு மண்களில் வெவ்வேறு விகிதங்களில் கலந்துள்ளன.

மண்ணின் துணுக்குகளில், களிமண் பகுதி மிக முக்கியமானதாகும். மற்றப் பகுதிகள் மூன்றும் குவார்ட்ஸ் (Quartz), ஃபெல்டுஸ்பார் (FeldSpar), மைகா (Mica) முதலியவைகளாலான பாறைத் தூள்களேயாகும். ஆனால், களிமண்ணனது வேதியமாற்றங்களால் பாதிக்கப்பட்டு மாற்றமடைந்த துணுக்குகளாகையால் மற்றப் பகுதிகளிலிருந்து பருமனில் மட்டுமல்லாமல் வேதிய அமைப்பிலும் வேறுபடுவனவாகும். களிமண் துகள்கள் தட்டையான தட்டுப்போன்றவை. அவற்றில் பெரும்பான்மையானவை கொல்லாய்டு பருமனை எய்துவதால் களிமண் கொல்லாய்டுகளின் தனித்தன்மைகளை யுடைத்தாயிருக்கிறது. இத் தன்மைகளில் முக்கியமானது, மண்ணின் மற்றப் பெரிய துகள்கள் தமது வெளிப்பரப்பில் மட்டும் நீரை நிறுத்துவது போலல்லாமல் துகள்கள் தமது அமைப்பில் தம்முள்ளே தண்ணீரை நிறுத்திக் கொண்டிருப்பதாகும். எனவே களிமண்ணனது மண்ணின் நீர்கவர் திறனை வெகுவாக அதிகரிக்கிறது. கொல்லாய்டு தன்மையதான களிமண்ணில் நீரினளவு மாறும்போது அது குறிப்பிடத் தக்க படியான பரிமாண மாற்றத்தை அடைகிறது. களிமண்ணின் இத்தன்மையே அது காயும்போது வெடிப்பதற்குக் காரணமாகும். களிமண்ணின் நுண்ணிய துகள்களான மைசெல்கள் (Micellae) நீரோடு சம்பந்தப்படும்போது நெகடிவ் மின்தன்மையை எய்துகின்றன. கால்சியம் அயனிகளோடு கலக்கும்போது களிமண் துகள்கள் கூட்டுத் துகள்களாகக் குழுமிக்கொள்ளுகின்றன. மண்ணிலுள்ள களிமண்களின் பெரும் பகுதி மற்றப் பெரிய துணுக்குகளைச் சூழ்ந்த படலங்களாகவும் மட்கோடு சேர்ந்ததாகவும் இருக்கிறது. ஆகவே களிமண் துகள்கள் கூட்டுத் துகள்களாகக் குழுமும்போது நொய்மணல், வண்டல் ஆகியவற்றையும் தம்மோடு சேர்த்த பெரிய கட்டிகளாக உருவாகின்றன. இப்படிப்பட்ட கட்டிகள் மண்முண்டுகள் எனப்படும். இத்தகைய முண்டுகள் நிறைந்த மண்ணனது அதிக நீர் கொள் திறனையும், காற்றோட்டத்தையும் பெற்றிருப்ப

தால் பயிர் வளர்ச்சிக்கு மிக உகந்ததாகும். மண்ணிலுள்ள கால்சியமே முண்டுகள் நிறைந்த மண்ணமைட்பை உண்டாக்குமாதலால் கால்சியம் போதுமான அளவு உள்ள மண்ணே பயிர் வளர்ச்சிக்கு மிக ஏற்றதாகும்.

2. மண்ணின் தாதுப் பொருள்கள் : இறந்த விலங்குகள், தாவரங்கள் ஆகியவற்றின் உடலங்களும், கழிவுப் பொருள்களும் மட்குவதாலுண்டாகும் தாதுப்பொருள்கள் பெரும்பான்மையான மண்களில் கலந்துள்ளன. மண்ணிலிருக்கும் தாதுப்பொருள்களின் விகிதம் மிகவும் வேறுபடுவதாகும். பயிர்வளர்மண்ணில் தாதுப் பொருள்கள்பொதுவாக 15 சதவீதத்துக்கு மேற்படுவதில்லை. மண்ணை யடையும் தாதுப்பொருள்கள் பாக்டீரியங்களாலும், பூஞ்சணங்களாலும், வேதிக்கிரியைகளாலும் மட்கத் தொடங்கி முடிவில் முற்றிலும் மறைந்தே விடுகிறது. ஆகவே மண்ணில் தாதுப் பொருள்கள் பல்வேறு மட்கிய நிலைகளில் காணப்படுகிறது. முழுமையாக மட்கி மறையாத தாதுப்பொருள் கறுப்புநிறமான மட்காக மண்ணில் காணப்படுகிறது. மண்ணின் காற்றோட்டத்தையும், நீரின் அளவையும், தாதுப்பொருள்கள் சேரும் வேகத்தையும் பொருத்து மண்ணிலுள்ள மட்கின் அளவு அமைகிறது. காற்றோட்டம் அதிகமாக இருந்தால் தாதுப்பொருள்கள் வேகமாக மட்கி மறைகின்றன. நீரின் அளவு மிக அதிகரித்தால் காற்றோட்டம் குறைந்து மட்கும் வேகமும் குறைகிறது.

மட்கானது களிமண்ணைவிட அதிக நீர்கவர் திறனைப் பெற்றதாகும். ஆனால், அது வேதியக் கிரியைகளில் ஈடுபடுந் தன்மையற்றதாகையால் மண்ணில் அதன் செயல் பெரும்பாலும் பௌதிகமானதாகும். மட்கு மண்ணைப் 'பொதுப் பொதுப்' பாக்குவதால் நல்ல காற்றோட்டத்துக்கு வழி செய்கிறது. மணல் பாங்கான மண்ணில் நீர் கவர் திறனை அதிகரிக்கிறது. களிமண்பாங்கான மண்ணானது காய்ந்து இறுகாமல் தடுக்கிறது. மொத்தத்தில் மண்ணிலுள்ள களிமண்ணும் மட்கும் சேர்ந்து மண்ணின் கொல்லாய்டுக் கூட்டாகிறது. இவையே தாவரங்களின் வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் முக்கியமான அமிசங்களை மண்ணில் அடக்கியருளுகின்றன.

3. மண் நீரும் மண் கரைசலும் : மண்ணில் எப்பொழுதும் ஓரளவுதண்ணீர் இருக்கிறது. அதன் அளவு மிகச் சொற்பத்திலிருந்து மண்துகள்களினிடையேயுள்ள இடைவெளிகளை முற்றிலும் நிரப்பும் வரை வேறுபடக்கூடும். மண்ணிலுள்ள நீரில் அநேக வேதியக் கூட்டுப் பொருள்கள் கரைந்திருக்கின்றன. இக் கூட்டுப் பொருள்கள் பாறைகளின் வேதிய மாற்றத்தாலும் தாதுப்பொருள்களின் மட்குத

லாலும் நுண்ணுயிர்களின் செயல்களாலும், தாவரங்களின் வேர் களுக்கும் மண்ணிலுள்ள மற்றப் பொருள்களுக்கு மிடையே நிகழும் கிரியைகளாலும் உண்டாகுகின்றன. எனவே மண்ணிலுள்ள நீர் எப்போதும் கரைசலாகவே இருக்குமன்றித் தூய நீராக இருப்ப தில்லை. மண்ணிலிருக்கும் வேதியக்கூட்டுக்களின் அளவையும் தன்மையையும் பொருத்துக் கரைசலின் செறிவு வேறுபடுகிறது. பெரும்பான்மையான மண்களின் செறிவு மிகக்குறைவாகவே இருக் கிறது. ஆனால்,சில உப்புமண்களிலும், காரமண்களிலும் செறிவு மிக அதிகமாக இருப்பதால் அத்தகைய மண்களில் வளரக் கூடிய சக்தியை ஒரு சில தாவரங்கள் மட்டுமே பெற்றுள்ளன. மண்ணின் கரைசலில் காணப்படும் பிரதான கேசயனிகள் (Cations)

$$Ca^{++},\ Mg^{++},\ K^{+},\ Na^{+},\ Al^{+++},\ Fe^{+++},$$

(அல்லது) Fe^{++}) முதலியவையாகும்.

பிரதான அனையனிகள் (Anions)

$$Hco_3^{-},\ H_2\ Po_4^{-},\ Cl^{-},\ No_3^{-},\ So_4^{--},\ Sio_3^{--}$$

முதலியவையாகும். இவைதவிர மிகச்சொற்பமான அளவிலுள்ள மற்ற அயனிகள் பல உள்ளன.

4. **மண்காற்று:** மண்ணில் பல்லாயிரக்கணக்கான உயிர்களுள் ளன. இவற்றில் பாக்டீரியங்கள், பூஞ்சணங்கள், பாசிகள் முதலி யவைநுண் தாவரங்களாகும். புரொட்டொசோவா (Protozoa) நெமட் டோடுகள் (Nematodes), மண்புழுக்கள், பூச்சிகள், பூச்சிக்குஞ்சுகள், வளை தோண்டும் எலி முதலிய பெரிய மிருகங்கள் ஆகியவை விலங்குகளாகும். எண்ணிக்கையில் பாக்டீரியங்களே மற்றவை களைவிட மிக அதிகம். பாக்டீரியங்கள், நைட்ரிபையிங் (Nitrifying) சல்போபையிங் (Sul phofying), நைட்டீரஜன் நிலைகூர் (Nitrogen fixing), அமோனிபையிங் (Ammoni fying) செல்லுலோஸ் அழிக்கும் (Cellulose Destroying) என்பன வான பல் வேறு காரியங் களில் ஈடுபடும் பல வகையினவாகும்.

ஆக்சீகரணத்தால் செல்லுலோசையும் மற்ற வகைகளையும் அழித்து மட்கச் செய்யும் பாக்டீரியங்களே மிக முக்கியமானவைக ளாகும். மண் பாக்டீரியங்களின் எண்ணிக்கை மண்ணுக்கு மண் ணிலும், பருவத்துக்குப் பருவத்திலும் வேறுபடுகிறது. பெரும்பான் மையான மண்களில், ஒரு கிராம் மண்ணில் சுமார் இருபது லட்சம் முதல் இருபது கோடிவரை இருக்கின்றன. மண்ணின் மேற் பரப்பில் அவற்றின் எண்ணிக்கை அதிகமாகவும், ஆழம் செல்லச் செல்ல

திடீரென்று குறைந்தும் காணப்படுகிறது. பொதுவாக 35 முதல் 40°C வெப்பமும் சுமாரான ஈரமும் நல்ல காற்றோட்டமும் பாக்டீரியங்களின் வளர்ச்சியையும் அதனால் எண்ணிக்கையும் அதிகரிக்கச் செய்கின்றன. ஆனால், சில பாக்டீரியங்கள் வளியறு வுயிரிகளாதலால் காற்றில்லாத மண்ணிலும் நன்றாக வாழக்கூடியனவாகும். பூஞ்சணங்கள் காடித்தன்மையான மண்ணில் அதிகம் காணப்படுகின்றன. இத்தகைய மண்ணில் பாக்டீரியங்களின் காரியங்களில் பெரும்பான்மையைப் பூஞ்சணங்களே செய்கின்றன. மற்றும் பல தாவரங்களின் வேர்களைச் சூழ்ந்து காணப்படும் மைகோரைசாக்களும் மண் பூஞ்சணங்களில் முக்கியமானவைகளாகும்.

மண்புழுக்கள் மண்ணின் காற்றோட்டத்தை அதிகரிப்பதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன. மற்ற விலங்குகளும் ஓரளவுக்கு இக்காரியத்தைச் செய்கின்றன. பூச்சிகள், பூச்சிக்குஞ்சுகள், புழுக்கள் முதலியவை காய்ந்த இலைகளையும் மற்றப் பாகங்களையும் தின்கின்றன. அவற்றின் கழிவுப் பொருள்களையும் இறந்த உடலங்களையும் பாக்டீரியங்கள் அழித்துத் தாவரங்களுக்குத் தேவையான உப்புகளாக மாற்றுகின்றன.

மண்ணில் நீரின் அளவை நிர்ணயித்தல்

1. **நீரளவு :** ஒரு மண்ணில் உள்ள நீரினளவு அம் மண்ணின் உலரெடையில் எத்தனை சதவீதம் என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. கொஞ்சம் மண்ணை எடுத்து அதன் எடையை நிர்ணயித்துப் பிறகு அதைச் சுமார் 105°C வெப்பத்தில் எடைமாறாத நிலைவரை உலர வைத்துப் பிறகு அதன் எடையை நிர்ணயித்தால், இரண்டாம் எடைக்கும், முதல் எடைக்கும் உள்ள வித்தியாசம் அம் மண்ணிலிருந்த நீரினளவைக் குறிக்கும்.

2. **நீர்க்கோர்வு (Field Capacity):** மண்ணில் புவி ஈர்ப்புக்கு எதிராகத் தங்கி நிற்கக் கூடிய நீரின் அளவே அம்மண்ணின் நீர்க்கோர்வு எனப்படும். எளிய ஒரு சோதனையால் இதைக் காணலாம். கொஞ்சம் மண்ணைக் காற்றில் நன்றாக உலரவைத்து ஒரு நீண்ட கண்ணாடி ஜாடியில், ஜாடியைத் தட்டித் தட்டி நிரப்ப வேண்டும். பிறகு கொஞ்சம் நீரை அதன் உச்சியில் ஊற்றி, நீரானது ஆவியாகாமல் ஜாடியின் வாயை மூடிவிடவேண்டும். ஊற்றிய நீர் மெதுவாக மண்ணில் இறங்குகிறது. ஆனால், இரண்டு மூன்று நாட்களுக்குப் பிறகு நீர் ஒரு குறிப்பிட்ட ஆழத்துக்கு இறங்கி அதற்கு மேல் இறங்காமல் நின்று விடும். அதாவது அந்த நிலையில் மேலேயுள்ள ஈர மண்ணிலிருக்கும் தண்ணீர் புவி ஈர்ப்புக்கு எதிராக மண்ணில் கோர்த்து நிற்கிறது என்று தெரிகிறது. நனைந்த மண்ணில் கொஞ்

சம் எடுத்து முன் சொன்னபடி அதன் நீரளவைக் கணக்கிட்டால் அதுவே அம் மண்ணின் நீர்க்கோர்வாகும்.

3. **வாட்டநிலை** (Wilting point): ஒரு மண்ணில் வளருந் தாவரங்கள் மீண்டும் நிவர்த்திக்க முடியாதபடி வாடிப் போகும் நிலையை அடையும்போது அம் மண்ணிலுள்ள நீரே வாட்ட நீராகும். ஒரு மண்ணின் வாட்டநீரைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு மண்ணை முதலில் நீர் புகாத் தொட்டியொன்றில் நிரப்பி அதில் சோதனைச் செடியின் விதைகளை நட்டு முளைக்கவைக்கவேண்டும். செடிகள் நன்ருக வளர்ந்த பிறகு மண்ணின் மேற்பரப்பை நீர் போகா வண்ணம் மூடி விடவேண்டும். நாளடைவில் செடிகள் வாடத் தொடங்குகின்றன. முதலில் நுனியிலைகளும் பிறகு, படிப்படியாக அடியிலைகளும் வாடும். எல்லாவற்றிற்கும் அடியிலிருக்கும் இலைகளும் வாடத் தொடங்கினுல் அது நிரந்தர வாட்டத்தைக் குறிப்பதாகும். அந்த நிலை ஏற்பட்ட வுடனே தொட்டியிலிருக்கும் மண் நீரளவை முன் சொன்ன முறை யில் நிர்ணயித்தால் அதுவே வாட்ட நீராகும். வாட்ட நீரைப்பற்றிய நிர்ணயங்களிலிருந்து பெரும்பான்மையான தாவரங்களின் வாட்ட நீரளவு ஒரு குறிப்பிட்ட மண்ணில் ஏறக்குறைய ஒரே அளவினதாகு மென்று தெரியவந்துள்ளது. வறட்சித் தாவரங்கள், நீர்த்தாவரங் கள் முதலிய வெவ்வேறு தாவரங்கள் வெவ்வேறு நீரளவில் வாட்ட மடையும் என முன்பு கருதப்பட்டது தவருகுமென்று இதிலிருந்து தெரியவருகிறது. சில தாவரங்களின் வாட்டநீரளவு கீழே கொடுக் கப்பட்டுள்ளது.

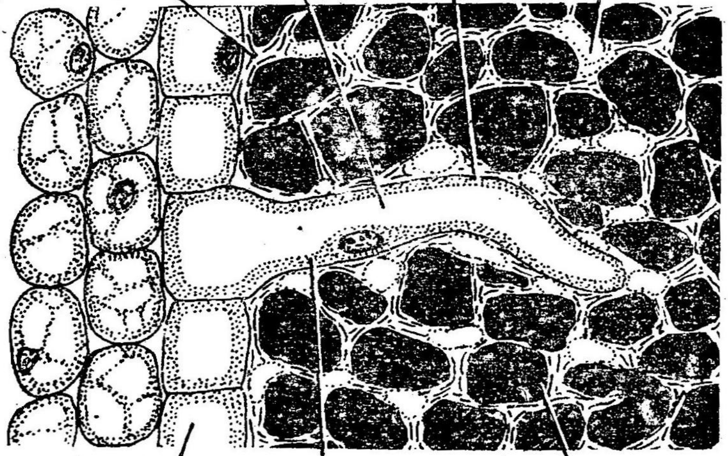
இனம்	வாட்டநீரின் சதவீதம்
மக்காச் சோளம்	1.03
கோதுமை	0.994
தக்காளி	1.06
பருத்தி	1.05
உருளைக் கிழங்கு	1.06
நீர்த்தாவரங்களில் பல	1.10
வறட்சித்தாவரங்களில் பல	1.06

3. நீருறிஞ்சல்

மண்ணில் வேரூன்றி நிற்குந் தாவரங்கள் தமக்கு வேண்டிய நீரை வேர்மூலம் எடுத்துக்கொள்ளுகின்றன. வேர்களில் நீரையும், நீரில் கரைந்துள்ள உப்புகளையும் எடுத்துக்கொள்ளும் பிரதான பாகம் வேர் நுனிகளிலிருந்து சற்றுப் பின்னுள்ள வேர்த்தூவிகளேயாகும்.

வேர்த்தூவிக ளொவ்வொன்றும் ஒரு செல்லாலானது. செல்லின் நடுவில் ஒரு பெரிய வேக்யூலும் அதைச் சுற்றி செல்சுவற்றின் உட்புறத்தோடு ஒட்டினாற்போல் மெல்லிய சைட்டோபிளாசப் படலமும் உள்ளன. ஏற்கனவே சொல்லியபடி சைட்டோபிளாசத்தின் வெளியில் செல்சவ்வும், உள்ளே வேக்யூலைச் சுற்றி வேக்யூல் சவ்வும் உள்ளன. வேர்த்தூவிகள் மண்ணின் துணுக்குகளோடு நெருக்கமாக அணைந்திருக்கின்றன (படம் 29). மண்ணின் துகள்கட்கிடையேயுள்ள வெளிகளிலும், துகள்களைச் சூழ்ந்தும், மண்ணிலிருக்கும் உப்புகள் கரைந்த நீர்க்கரைசல் இருக்கிறது. இக் கரைசல் ஊடுபரவல் (Diffusion), சவ்வூடு பரவல் (Osmosis) என்னும் பௌதிகக் கிரியைகளால் வேர்த்தூவிகளின் செல்களினுல் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன.

ஊடுபரவல்: ஒரு பொருளின் மாலிக்யூல்கள் அவற்றின் செறிவு மிக்க இடத்திலிருந்து செறிவு குறைந்த இடத்துக்குப் பரவுவது ஊடுபரவல் எனப்படும். உதாரணமாக ஓர் உப்புக் கட்டியை ஒரு குப்பியி



படம் 29.

மண்ணினுள் வேர்த் தூவி.

லுள்ள நீரில் போட்டால் உப்பின் மாலிக்யூல்கள் நீரில் பரவத் தொடங்கி சற்று நேரத்தில் நீர் முழுதிலும் சமச் செறிவை அடைகின்றன. ஒரு சொட்டு எழுதும் மையை ஒரு குப்பியிலுள்ள நீரிலிட்

டால் மையின் மாலிக்யூல்கள் நீரில் பரவி நீர்முழுதிலும் சமச் செறிவை அடைகின்றன. ஒரு சொட்டு வாசனைப் பொருளை அறை யின் ஒரு மூலையில் வைத்தால் அதன் மாலிக்யூல்கள் அறை முழு திலும் உள்ள காற்றில் பரவிச் சமச்செறிவை அடைகின்றன.

ஒரு பொருளின் மாலிக்யூல்கள் அவை பரவக்கூடிய சாதனத் தில்மட்டுமே ஊடுபரவ முடியும். உதாரணமாக உப்பின் மாலிக் யூல்கள் காற்றில் பரவ முடியாது. மண்ணெண்ணெயின் மாலிக்யூல் கள் நீரில் பரவமுடியாது. ஊடுபரவும் வேகம், ஒரு பொருளின் செறிவு, அமுக்கம், வெப்பம், மாலிக்யூலின் பருமன் ஆகியவற்றைப் பொருத்ததாகும். செறிவு, அமுக்கம், வெப்பம் ஆகியவை அதிக மான இடத்திலிருந்து குறைவான இடத்துக்கு ஊடுபரவல் நிகழு கிறது. சிறிய மாலிக்யூல்கள் பெரிய மாலிக்யூல்களைவிட வேகமாக ஊடு பரவுகின்றன.

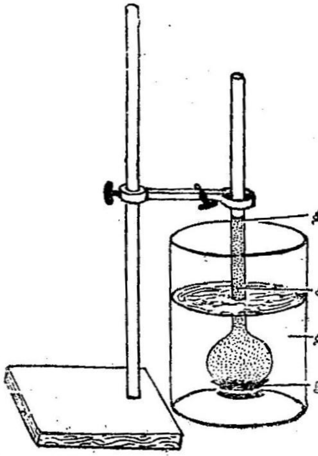
சவ்வூடுபரவல்: ஒரு பொருளானது செறிவு வித்தியாசமாகக் கரைந்திருக்கும் இரண்டு கரைசல்களை ஒரு சவ்வால் பிரித்து வைத் தால் அச் சவ்விலுள்ள துவாரங்களின் வழியாக இரு கரைசல்களுக்கு மிடையே ஊடுபரவல் நிகழக்கூடும். ஒரு பொருளின் மாலிக்யூல்களை விடச் சவ்வின் துவாரங்கள் சிறியவைகளாக இருந்தால் அப் பொருள் அச் சவ்வின் வழியாக ஊடுபரவ முடியாது. சவ்வின் துவாரங்களை விடச் சிறிதான மாலிக்யூல்களே ஊடுபரவ முடியும். துவாரங்களின் பரிமாணத்தை மட்டுமன்றி மற்றும் பல அமிசங்கள் ஒரு சவ்வின் வழியாக ஊடுபரவுதலை நெறிப்படுத்துகின்றன. இதன் காரணமாகப் பல சவ்வுகள் தம் வழியாகச் சில குறிப்பிட்ட பொருள்களை மட்டும் ஊடுபரவ அனுமதித்து மற்றவைகளை ஊடுபரவ வொட்டாமல் தடுத்து நிறுத்தக்கூடிய தன்மையை உடையனவாக உள்ளன. இத்தகைய சவ்வு நுழையா நுழைச்சவ்வு (Differentially permeable membrane) எனப்படும். இத்தகைய நுழையா நுழைச் சவ்வின் வழியாகச் சில பொருள்கள் மட்டும் ஊடுபரவுதலே சவ்வூடு பரவல் எனப்படும். சவ்வூடு பரவலை ஓர் எளிய சோதனையா லறியலாம்.

கொல்லாடியான் (Collodion), ஆட்டின் மூத்திரப்பை அல்லது முட்டையின் உட்சவ்வு ஆகியவற்றில் ஒன்றை ஒரு பைபோல் செய்து அப்பையினுள் நிறைச் செறிவுடைய சர்க்கரைக் கரைசலை நிரப்பி வாயை ஒரு நூலால் நீர் வெளிவராமல் இறுகக் கட்டிவிட வேண்டும். பையை மெதுவாக அமுக்கிப் பார்த்தால் அது அமுங்கக் கூடியதாக இருப்பதையும், சவ்வில் சுருக்கங்களிருப் பதையும் காணலாம். பையை ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்திலுள்ள தண்ணீரில் முழுதும் மூழ்கியிருக்குமாறு ஒரு நூலால் தொங்க விட

வேண்டும். சற்று நேரத்தில் பையின் சவ்விலுள்ள சுருக்கங்கள் நீங்கிப் பையானது அமுக்க முடியாமல் உப்பிக்கொள்வதைப் பார்க்கலாம். இது ஏனென்றால் சவ்வின் வழியாக வெளியிலிருந்து தண்ணீர் மட்டும் உள்ளே ஊடுபரவிபதாலாகும். வெளியிலுள்ள நீரைச் சோதித்துப் பார்த்தால் அதில் சர்க்கரை கொஞ்சங்கூட இருக்காது. இதிலிருந்து, அச்சவ்வின் வழியாகத் தண்ணீரின் மாலிக்யூல்கள் மட்டுமே ஊடுபரவ முடியுமென்பதும், சர்க்கரையின் மாலிக்யூல்கள் ஊடுபரவமுடியாதென்பதும் தெரியவருகிறது. மொத்தத்தில் வெளியிலிருக்கும் தண்ணீர் மாலிக்யூல்கள் மட்டும் உள்ளே ஊடுபரவுவதாகத் தோன்றினும். உண்மையில் உள்ளேயிருக்கும் கரைசலினுடைய தண்ணீர் மாலிக்யூல்களும் வெளியே ஊடுபரவிக்கொண்டு தானிருக்கும். ஆனால், உள்ளே யிருக்கும் கரைசலின் தண்ணீரை விட, வெளியிலிருக்கும் தண்ணீரில் தண்ணீர் மாலிக்யூல்களின் செறிவு அதிகமாதலால், உள்ளேயிருந்து வெளியே ஊடுபரவும் தண்ணீர் மாலிக்யூல்களின் எண்ணிக்கையைவிட அதிகமான மாலிக்யூல்கள் வெளியேயிருந்து உள்ளே ஊடுபரவுகின்றன. எனவே மொத்தத்தில் உள்ளேயிருக்கும் கரைசலில் தண்ணீரின் அளவு அதிகரிக்கிறது. அதனால் கரைசலின் அளவு அதிகரித்து சவ்வின் சுருக்கங்கள் நீங்கி உப்பிக்கொள்ளுகிறது. ஆனால், ஓரளவுக்குமேல் சவ்வு விரிய முடியாதாகையால் கரைசலின் அளவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க சவ்வின் மேல் அது செலுத்தும் அமுக்கமும் அதிகரிக்கிறது. அமுக்க அதிகரிப்பால் உள்ளேயிருந்து வெளியே ஊடுபரவும் தண்ணீர் மாலிக்யூல்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. சற்று நேரத்தில், அமுக்க வித்தியாசத்தால் உள்ளேயிருந்து வெளியே அதிகமாக ஊடுபரவக்கூடிய மாலிக்யூல்களின் எண்ணிக்கை செறிவு வித்தியாசத்தால் வெளியிலிருந்து உள்ளே அதிகமாக ஊடுபரவக்கூடிய மாலிக்யூல்களின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாகிறது.

மேலே சொன்ன சோதனையிலிருந்து ஒரு பொருளின் மாலிக்யூல்கள் ஒரு திரவத்திலிருந்து மற்றொன்றுக்குச் சவ்வூடு பரவுவது இரண்டுக்குமிடையே அப் பொருளைப் பொருத்து நிலவும் ஊடுபரவமுக்கத்தைப் பொருத்ததாகுமென் றறியலாம். ஒரு கரைசலின் சவ்வூடு பரவமுக்கம் மற்றொன்றை விட எவ்வளவு அதிகமென்பதை ஒரு சோதனையால் நிர்ணயிக்கலாம் (படம் 30). ஒரு திசில் பனலை **(Thistle funnel)** எடுத்து அதன் வாயை நுழையா நுழைச் சவ்வினால் மூடித் தண்ணீர் வெளிவராதபடி இறுகக் கட்டிவிட வேண்டும். பிறகு பனலுக்குள் தெரிந்த அளவு செறிவில் ஒரு பொருள் கரைந்த ஒரு கரைசலைப் பனலின் தண்டில் ஒரு குறிப்பிட்ட உயரம் வரும் வரை நிரப்பிப் பனலின் வாய் சுத்த நீரில் மூழ்கியிருக்கும்படி படத்

தில் காட்டியபடி நிறுத்திவைக்க வேண்டும். வெளியிலிருந்து நீரின் மாலிக்யூல்கள் பனலுக்குள்ளே அதிகமாகச் சவ்வூடு பரவுவதால், பனலிலுள்ள கரைசலின் அளவு அதிகரித்துத் தண்டில் உயருகிறது. இதனுல். பனலினுள்ளேயிருக்கும் கரைசலின் அமுக்கம்



படம் 30.

சவ்வூடு பரவமுக்கச் சோதனை.

அதிகரிக்கிறது. வெளியே யிருக்கும் தண்ணீரின் ஊடுபரவமுக்கத்துக்குச் சமமாக உள்ளேயிருக்கும் கரைசலின் அமுக்கம் அதிகரிக்கும் வரை பனலின் தண்டில் கரைசல் உயர்ந்து அதன் பிறகு உயருவது நின்றுவிடும். ஆரம்பத்திலிருந்ததை விடக் கரைசல் எவ்வளவு உயருகிறது என்பதிலிருந்து அக் கரைசலின் சவ்வூடு பரவமுக்கம் எவ்வளவென்று கணக்கிட்டறியலாம். சவ்வூடு பரவமுக்கத்தைக் கணக்கிடக்கூடிய இத்தகைய அமைப்பு சவ்வூடு பரவமுக்கமானி (Osmometer) எனப்படும். சவ்வூடுபரவமுக்கம் இத்தனை வளி வெளி மடங்குகள் (Atmospheres) என்று குறிக்கப் பெறும்.

கரைசலில் ஒரு பொருளின் செறிவு அதிகமான இடத்திலிருந்து, செறிவு குறைவான இடத்துக்கு அப்பொருள் ஊடுபரவும் என்று கூறப்பட்டது. இதை வேறு ஒரு விதமாகவும் சொல்லலாம். நீரைப் பொருத்தவரை சுத்த நீரின் ஊடுபரவமுக்கம், அதில் ஏதாவது உப்புகள் கரைவதால் உண்டாகும் கரைசலைவிட அதிகமாகும். சுத்த நீர் ஊடுபரவும் அமுக்கமானது நீரூடு பரவமுக்கம் (Diffusion pressure) என்று குறிக்கப்படுகிறது. நீரில் ஏதாவது உப்புகள்

கரைவதினாலோ அல்லது நீரின் அழுக்கம் குறைவதினாலோ நீரின் ஊடுபரவமுக்கம் குறைகிறது. இக் குறைவு நீரூடுபரவமுக்கக் குறைவு (Diffusion pressure deficit) எனப்படும். இரண்டு கரைசல்களை எடுத்துக்கொண்டால் அவற்றில் எதில் நீரூடுபரவமுக்கக் குறைவு அதிகமாயுள்ளதோ அதற்கு மற்றதிலிருந்து நீர் ஊடுபரவும். உதாரணமாக அ என்ற ஒரு கரைசலின் நீரூடுபரவமுக்கக் குறைவு 12 வளிவெளிகளாகவும் இ என்ற மற்றொன்றினது 8 வளிவெளிகளாகவுமிருந்தால் இவற்றில் பிந்தியதிலிருந்து முந்தியதுக்கு நீர் ஊடுபரவமுடியும். அவ்வாறு ஊடுபரவமுக்கம் 12 — 8 = 4 வளிவெளிகளாகும். அ என்னும் கரைசல் மூடப்பட்ட நுழையாநுழைச் சவ்வுப் பையினுள்ளிருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். அந்தப் பை இ என்னும் கரைசலால் சூழப்பட்டிருந்தால், இ கரைசலிலிருந்து அ கரைசலுக்குத் தண்ணீர் ஊடுபரவப் பரவ அ கரைசலின் பரிமாணம் அதிகரிக்கிறது. எனவே அது சவ்வை அமுக்கி உப்பச் செய்கிறது. உப்பலமுக்கம் எவ்வளவு அதிகரிக்கிறதோ அவ்வளவுக்கு உள்ளேயிருக்கும் கரைசலின் நீரூடுபரவமுக்கக் குறை குறைகிறது. உதாரணமாக உப்பலமுக்கம் 2 வளிவெளிகளென்று வைத்துக்கொண்டால் நீரூடுபரவமுக்கக் குறையானது 12 — 2 = 10 வளிவெளிகளாகும். இப்போது வெளியிலிருந்து உள்ளே நீர் ஊடுபரவும் அமுக்க அளவு 10 — 8 = 2 வளிவெளிகளாகும். உப்பலமுக்கம் தொடர்ந்து அதிகரித்து 4 வளிவெளிகளாகும்போது உள்ளே யிருக்கும் கரைசலின் நீரூடுபரவமுக்கக் குறை (12 — 4 = 8) வெளியேயுள்ளதின் நீரூடுபரவமுக்கக் குறைவுக்குச் சமமாகிறது. அப்போது வெளியேயிருந்து உள்ளேயும், உள்ளேயிருந்து வெளியேயும் ஊடுபரவும் நீரினளவு ஒன்றாகிறது. எனவே மொத்தத்தில் சவ்வூடுபரவல் நின்றுவிட்டதாகத் தோன்றும்.

தாவரங்களின் வேர்த்தூவிகளின் வழியாகவே பெரும்பான்மையான நீர் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறதென்று சொல்லப்பட்டது. வேர்த்தூவியின் செல் நடுவிலுள்ள பெரிய வேக்யூலில் பல உப்புகள் கரைந்த நீர்க் கரைசல் இருக்கிறது. மண்ணில் மண் உப்புகள் கரைந்த நீர்க் கரைசல் இருக்கிறது. இரண்டுக்குமிடையே செல்லின் சைட்டோபிளாசமும், செல்சுவரும் இருக்கின்றன. செல் சுவரானது நீர் கோர்த்துக்கொள்ளும் தன்மையையும் நீர் எளிதில் ஊடுபரவக் கூடிய தன்மையையும் உடையது. சைட்டோபிளாசமும், அதன் சவ்வுகளும் சேர்ந்து நுழையாநுழைச் சவ்வாகச் செயல்படுந் தன்மையைக் கொண்டுள்ளன. வேக்யூலிலுள்ள கரைசலின் நீரூடுபரவமுக்கக் குறை மண்ணிலுள்ள கரைசலினதை விட அதிகமாக இருப்பதால், செல்சுவற்றில் கோத்து ஊடுபரவும் நீர், சைட்டோ

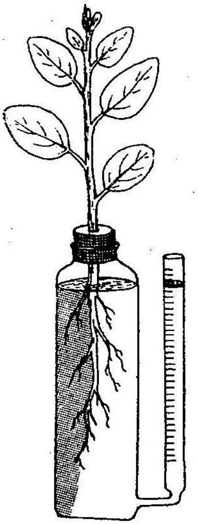
பிளாசத்தின் வழியாக வேக்யூலுக்குள் சவ்வூடுபரவுகிறது. இதனுல் வேர்த்தூவி செல்லின் உப்பலமுக்கம் அடுத்து உள்ளேயிருக்கும் செல்களினதை விட அதிகரித்து நீரூடுபரவமுக்கக்குறை குறைகிறது. இதனுல் வேர்த்தூவி செல்லிலிருந்து அடுத்து உள்ளேயிருக்கும் செல்களுக்கு நீர் சவ்வூடு பரவுகிறது. இதே மாதிரியாகப் படிப்படியாக வெளிச் செல்களிலிருந்து உட்செல்களுக்கு நீர் சவ்வூடுபரவிக் குழலகத்தின் சைலத்தை அடைகிறது. சைலக் குழல்கள் இறந்த செல்களின் சுவர்களாலானவை. அவற்றிலிருக்கும் சைலச்சாறு, இலைகளில் ஏற்படும் நீராவிப்போக்கினுல் இடையருது மேலே இழுக்கப்படுகிறது. இவ்விழுப்பின் காரணமாகச் சைலக் குழல்களிலிருக்கும் சாற்றின் நீரூடுபரவமுக்கக் குறை சுற்றிலுமுள்ள செல்களினதைவிட வெகுவாகக் குறைகிறது. ஆகவே சுற்றிலுமுள்ள செல்களிலிருந்து நீர் சைலக்குழல்களுக்குள் ஊடுபரவுகிறது. சைலக்குழல்களின் மூலம் வேர், தண்டு, கிளை முதலியவற்றின் வழியாக மேலே இழுக்கப்பட்டு முடிவில் நீர் இலைகளை அடைகிறது.

4. நீராவிப் போக்கு
(TRANSPIRATION)

பெரும்பான்மையான தாவரங்கள் செழிப்பாக வளருவதற்கு அவற்றிற்கு அதிக நீர் தேவைப்படுகிறதென்பது யாவரும் அறிந்ததொன்ருகும். ஆனுல், தாவரங்களின் வேரின் வழியாக மண்ணிலிருந்து எடுத்துக்கொள்ளும் நீரில் 97%க்குமேல் இலைகளிலிருந்து ஆவியாக வெளியே சென்று விடுகிறது. 3%க்கும் குறைவான நீரே தாவரங்களால் தமது வளர்ச்சிக்கும், உயிர்க்கிரியைகளுக்கும் உபயோகிக்கப்படுகிறது. இதை ஒரு பரிசோதனையால் அறியலாம் (படம் 31).

படத்தில் காட்டியதுபோல பக்கக் குழாயுடைய ஒரு கண்ணுடி ஜாடியை நீரால் நிரப்பவும். ஒற்றைத் துவாரமுள்ள ரப்பர் மூடியொன்றைப் பிளந்து, துவாரத்தின் வழியாக வேர்களுடன் கூடிய செடியொன்றை வேர்கள் ஜாடியின் தண்ணீரில் மூழ்கியிருக்குமாறு பொருத்தவும். பக்கக் குழலிலிருக்கும் தண்ணீரின் மேல் அது ஆவியாகாவண்ணம் சிறிது எண்ணெயை ஊற்றவும். ஜாடியைச் செடியோடு ஒரு தராசில் நிறுத்து எடையைக் கணக்கிடவும். பக்கக் குழலில் தண்ணீரின் மட்டத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவும். சில மணி நேரம் அமைப்பை நல்ல வெளிச்சத்தில் வைக்கவும். அப்போது செடியின் இலைகளிலிருந்து நீராவிப்போக்கும் வேர்கள் மூலம் நீருறிஞ்சலும் நிகழுகிறது. இதனுல் பக்கக் குழலிலிருக்கும் நீரின் மட்டம் கீழே

இறங்குகிறது. அதிலிருந்து வேர்களால் உறிஞ்சப்பட்ட நீரினளவையும், எடையையும் கணக்கிடவும். உடனே அமைப்பை மறுபடியும் எடைபோட்டு, முதல் எடையிலிருந்து எவ்வளவு குறைந்துள்ளதென்று நிர்ணயிக்கவும் இந்த எடைக் குறைவு, நீராவிப்போக்கினுல் வெளியேறிய தண்ணீரின் எடையைக் குறிக்கும். வேரால் உறிஞ்சப்பட்ட நீரின் எடையில் ஆவிப்போக்கினுல் வெளியேறிய நீரின் எடை 97%க்கு மேல் இருப்பதைக் காணலாம்.



படம் 31.

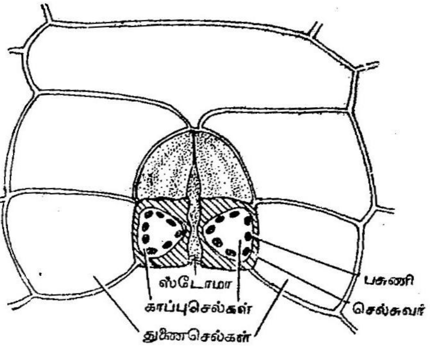
நீராவிப் போக்குக்கும், வேருறிஞ்சலுக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காணும் சோதனை.

நீராவிப்போக்கில் பெரும் பகுதி இலைகளிலும் தண்டின் இளம் பாகங்களிலும் இருக்கும் ஸ்டோமாக்களின் (Stomata) வழியாக நிகழுகிறது. இது ஸ்டோமா நீராவிப்போக்கு (Stomatal transpiration) எனப்படும். சிறிதளவு நீராவிப்போக்கு இலைகளின் வெளித்தோலிலிருந்து நேரடியாகக் கியூட்டிகிளின் வழியாக ஏற்படுகிறது. இது கியூட்டிகிள் நீராவிப்போக்கு (Cuticular transpiration) எனப்படும். கெட்டித் தண்டுத் தாவரங்களில் (Woody plants) தண்டின் பட்டைகளிலிருக்கும் லென்டிசெல்களின் (Lentical) வழியாகவும் சிறிதளவு நீராவிப்போக்கு நிகழுகிறது.

நீராவிப்போக்கின் பெரும்பகுதி இலைகளின் வழியாக ஏற்படுகிறது என்பதை ஓர் எளிய பரிசோதனையால் காணலாம். செடி வளரும் இரண்டு தொட்டிகளை எடுத்து அவற்றின் தொட்டிகளை நீர் புகா மெழுகுத் துணியால் மூடிவிடவேண்டும். பிறகு ஒரு தொட்டியின் செடியினுடைய இலைகளை யெல்லாம் கிள்ளி, கிள்ளுக் காயங்களை மெழுகினுல் மூடிவிட வேண்டும். இரண்டு தொட்டிகளையும் பலகையின்மேல் வைத்து இரண்டு மணிஜாடிகளால் மூடிவிட வேண்டும். சில மணி நேரங் கழித்துப் பார்த்தால், இலைகளோடுள்ள தொட்டியை மூடியிருக்கும் மணிஜாடியினுள் நீர்த்திவலைகள் படிந்திருப்பதையும், மற்ற ஜாடியினுள் நீர்த் திவலைகளில்லாததையும் காணலாம்.

இலையின் வெளிப்பரப்பை நுண்பெருக்கியில் பார்த்தால் அதில் அநேக ஸ்டோமாக்களிருப்பதைக் காணலாம். ஸ்டோமா ஒவ்

வொன்றும் இரண்டு காப்புச் செல்களின் (Guard cells) இடையே யுள்ள துவாரமாகும் (படம் 32). காப்புச் செல்கள் இலையின் வெளித் தோல் செல்களே யாகுமென்ருலும்,வெளித்தோலின் மற்றச் செல்களி லிருந்து வேருன பிரத்தியேக அமைப்பைப் பெற்றுள்ளன. வெளித்தோலின் மற்றச்செல்கள் ஒழுங்கின்றி வளைந்த செல்சுவற்றைஉடையன; அவற்றில் பசுணிகள் (Chloroplasts) இல்லை; வெளிச்சுவர் மட்டும் ஒழுங்காகத் தடித்துள்ளது. காப்புச் செல்கள் ஒழுங்கான, ஏறக்குறைய அவரை விதை வடிவமான செல்சுவற்றை உடையன;



படம் 32.

ஸ்டோமாவின் அமைப்பு.

அவற்றில் பசுணிகளுள்ளன; செல்சுவர் ஒழுங்கின்றிப் பிரத்தியேகமான முறையில் தடித்துள்ளது. காப்புச் செல்களின் செல்சுவர் பிரத்தியேகமான முறையில் தடித்திருக்கும் காரணத்தால், அவற்றிலேற்படும் உப்பலமுக்க வேறுபாடுகளால் அவற்றினிடையே யுள்ள ஸ்டோமா துவாரத்தை அவை அகலமாகத் திறக்கவும், இறுக்கி மூடவும் முடியும். பொதுவாக ஸ்டோமா ஒவ்வொன்றைச் சார்ந்தும் இலையின் மீசோபில்லில் (Mesophyll) ஒரு பெரிய காற்றறை இருக்கிறது. இக்காற்றறைகள் உட்பக்கமாக மீசோபில்லின் செல்களிடையே யுள்ள விசாலமான செல்லிடைவெளி (Intercellular space) களோடும், ஸ்டோமா வழியாக வெளிவளியோடும் தொடர்பு கொண்டுள்ளன.

இலையின் மீசோபில் செல்களில் நிறைந்துள்ள நீர் மாலிக்யூல்கள் செல்சுவற்றின் வழியாகச் செல்லிடை வெளிகளுக்கு ஊடுபரவி அங்கு ஆவியாகச் செறிகின்றன. இதனுல் செல்லிடை வெளிகளில் ஆவியமுக்கம் அதிகரித்து ஆவியானது ஸ்டோமாக்களைச் சார்ந்திருக்கும் பெரிய காற்றறைகளை யடைகிறது. இவ்வாறு காற்றறையிலுள்ள ஆவியமுக்கம் வெளிவளியிலிருப்பதை விட அதிகரிப்பதால் ஸ்டோமாக்கள் திறந்திருக்கும்போது அவற்றின் வழியாக நீராவி வெளிவளிக்கு ஊடுபரவுகிறது. இதனுல் காற்றறையின் ஆவியமுக்கம் செல்லிடை வெளிகளிலுள்ளதைவிடக் குறைகிறது. இக்குறைவை நிரப்பச் செல்லிடை வெளிகளிலிருந்து நீராவி காற்றறைகளுக்கு

ஊடுபரவுகிறது. செல்லிடை வெளிகளி லேற்படும் ஆவியமுக்கக் குறைவினுல் செல்களிலிருந்து மேலும் நீர்மாலிக்யூல்கள் செல்லிடை வெளிகளுக்கு ஊடுபரவ ஏதுவாகிறது. எனவே ஸ்டோமாக்கள் திறந்திருக்கும் போது, இலையின் மீசோபில் செல்களிலிருந்து வெளி வளிக்கு நீராவி இடைவிடாமல் வெளியேறுகிறது. வெளிவளியின் ஆவியமுக்கம் இலையினுள்ளிருக்கும் காற்றறைகளின் ஆவியமுக் கத்தைவிடக் குறைவாக இருந்தால் மட்டுமே நீராவிப்போக்கு நிகழ முடியுமென்பதை மேற்கூறியவற்றிலிருந்து அறியலாம்.

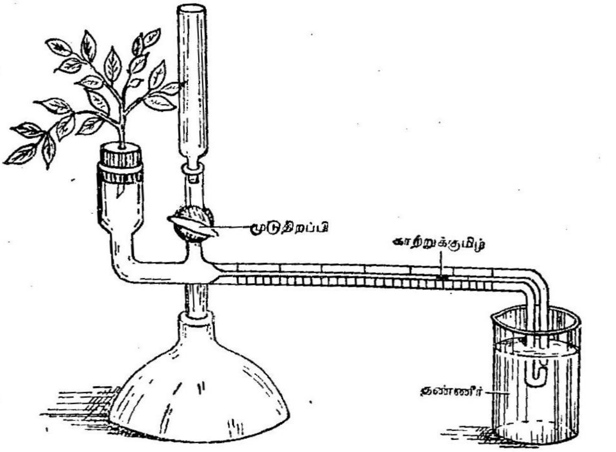
நீராவிப் போக்கை அளத்தல்: நீராவிப் போக்கை அளக்கப் பல வழிகளிருக்கின்றன. அவற்றில் எளிதான மூன்று வழிகள் வரு மாறு:—

1. **செடித் தொட்டியை நிறுத்துப் பார்த்தல்:** தொட்டிகளிலோ, மற்றப் பாத்திரங்களிலோ வளரும் தாவரங்களின் நீராவிப் போக்கை அளப்பதற்கு இது ஏற்ற வழியாகும். தொட்டியின் வெளிப்பரப்பி லிருந்தும், மண்ணின் மேற்பரப்பிலிருந்தும் நீராவி வெளி வராத படி அவற்றை ஒரு மெழுகுத் துணியால் மூடிவிட வேண்டும். பிறகு ஒரு தராசில் தொட்டியோடு செடியின் எடையைக் கண்டு பிடிக்க வேண்டும். பிறகு குறிப்பிட்ட நேரங்கழித்து மறுபடியும் எடை போட்டுப் பார்த்தால் அந்த நேரத்தில் நீராவிப் போக்கினுல் தாவ ரம் இழந்த தண்ணீரின் எடையைக் கணக்கிடலாம்.

2. **போட்டோமீட்டர்:** தாவரத்தின் சிறிய கிளையொன்றை வெட்டி, வெட்டிய நுனி நீரினுள் மூழ்கியிருக்குமாறு பொருத்தி, அந் தக் கிளையின் நீராவிப் போக்கைக் கண்டறியும் சாதனம் போட்டோ மீட்டர் எனப்படும். போட்டோ மீட்டர்கள் பலவகைப்படும். கேனுங் போட்டோ மீட்டர் என்பது (படம் 33) சாதாரணமாகச் சோதனை களில் உபயோகப்படுத்தப்படுவதாகும். இது படத்தில் காட்டியபடி இரு நுனியிலும் வளைந்த கண்ணாடிக் குழாயொன்றில் சிறிய நீர்த் தொட்டியொன்று நடுவிலிணைந்ததாகும். நீர்த் தொட்டியிலிருந்து வளைந்த குழலுக்குத் தண்ணீர் செல்லுவதை நிறுத்தவோ, திறக் கவோ கூடிய மூடுதிறப்பி யொன்று உள்ளது. வளைந்த குழலின் ஒரு நுனி அகண்டும், மற்றென்று குறுகி நீண்டும் உள்ளது. குறுகிய பாகம் அளவுக் கோடுகளால் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. போட்டோமீட் டர் ஒரு நிலுவியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

தாவரத்தின் கிளையை நீரினடியில் வெட்டி, வெட்டிய நுனியை ஒற்றைத் துவாரமுடைய ஒரு கார்க்கினுல் போட்டோ மீட்டரின் அகண்ட நுனியில் இறுக்கமாகப் பொருத்த வேண்டும். வளைந்த குழ

விலும், நீர்த் தொட்டியிலும் தண்ணீர் நிறைந்திருக்க வேண்டும். மூடுதிறப்பியை மூடிப் பிறகு பொருத்திய கிளையோடு போட்டோ



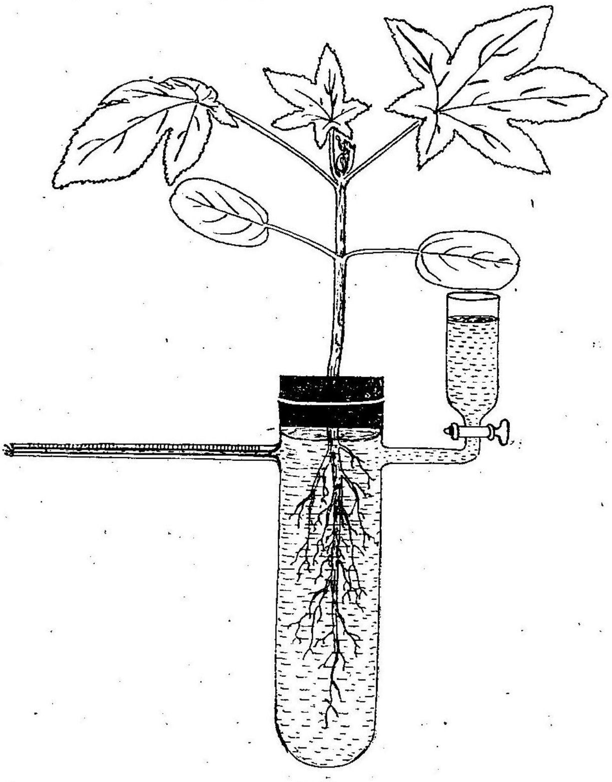
படம் 33.

கேனுங்கின் போட்டோ மீட்டர்

மீட்டரை வெளியில் எடுத்து அதன் குறுகிய நுனி ஒரு சிறு பாத்திரத்திலுள்ள தண்ணீரில் மூழ்கியிருக்குமாறு வைக்க வேண்டும். கிளையிலிருந்து நீராவிப் போக்கு நிகழுவதால் வளைந்த குழலிலிருந்து தண்ணீர் உறிஞ்சப்படுகிறது. இதை ஈடுசெய்யக் குறுகிய நுனியின் வழியாகப் பாத்திரத்திலிருந்து தண்ணீர் உள்ளே செல்லுகிறது. வளைந்த நுனியைச் சற்று நேரம் தண்ணீரிலிருந்து தூக்கிப் பிடித்தால் தண்ணீருக்குப் பதிலாகக் காற்றுப் புகும். ஒரு சிறு குமிழாகுமளவு காற்றுப் புகுந்ததும் மறுபடியும் நுனியைத் தண்ணீரில் மூழ்கியிருக்குமாறு வைத்துவிட வேண்டும். குறுகிய குழலிலிருக்கும் காற்றுக் குமிழ், கிளையில் நீராவிப்போக்கு ஏற்படும் வேகத்துக்கேற்பக் கிளையை நோக்கி நகருகிறது. ஒரு நிறுத்துக் கடியாரத்தி னுதவியால் குறிப்பிட்ட தூரத்தைக் குமிழ் எவ்வளவு நேரத்தில் கடக்கிறதென்று காணலாம். தண்ணீர்த் தொட்டி வரை குமிழ் நகர்ந்ததும் தொட்டியினடியிலுள்ள மூடுதிறப்பியைக் கவனமாகத் திறந்தால் தொட்டியிலிருந்து தண்ணீர் இறங்கிக் குமிழைப் பழையபடி குறுகிய குழலின் நுனிப்பாகத்துக்குத் தள்ளிவிடும். அப்போது மூடுதிறப்பியை மூடி விட்டால் மறுபடியும் குமிழ் கிளையை நோக்கி நகரத் தொடங்கும். இவ்வாறு குமிழ் நகரும் வேகத்தைப் பல முறை

நிர்ணயிக்கலாம். இந்த அமைப்பை வெய்யில், நிழல், காற்றோட்டம் முதலிய பல்வேறு வெளிச் சூழ்நிலைகளில் வைத்துச், சூழ்நிலைக்கேற்ப நீராவிப் போக்கின் வேகம் எப்படி மாறுகிறதென்பதை எளிதில் காணலாம்.

போட்டோ மீட்டர் நீராவிப் போக்கை அளக்கச் சௌகரியமான ஒரு சாதனமென்றாலும் அதில் சில குறைபாடுகளுள்ளன. **1.** இதில் வெட்டிய கிளை உபயோகிக்கப்படுவதால், வெட்டிய கிளையின் நீராவிப் போக்குத் தாவரத்தோடு ஒட்டியிருக்கும்போது நிகழுவதற்குச் சமமானதாகுமென்று சொல்ல முடியாது. 2. இதில் வெட்டிய நுனியில் தண்ணீர் உறிஞ்சப்படும் வேகந்தான் உண்மையில்



படம் 34.
ஃபார்மரின் போட்டோ மீட்டர்.

காட்டப்படுகிறது. இந்நீரின் பெரும்பகுதி இலைகளின் வழியாக நீராவிப் போக்கடைவ துண்மையாயினும் இரண்டும் ஒன்றேயென்று

கொள்ள் முடியாது. 3. வெட்டிய கிளை கொஞ்ச நேரத்தில் வாடி இறக்கத் தொடங்குமாதலால் ஒரே கிளையைப் பொருத்தி நீண்ட நேரம் சோதனை செய்ய முடியாது.

மேற்சொன்ன மூன்று குறைகளில் முதலாவதையும், மூன்ருவதையும் நிவர்த்திக்கும் வண்ணம் அமைந்த போட்டோ மீட்டர்களுள்ளன. ஃபார்மரின் போட்டோ மீட்டர் (Farmer's Potometer) என்பது இத்தகையதாகும். இதில் வெட்டிய கிளைக்குப் பதிலாக வேருடன் கூடிய சிறிய செடி உபயோகிக்கப்படுகிறது. இது வாடி இறந்து போகாதாகையால் நீண்ட நேரம் சோதனைகள் செய்ய ஏற்றதாகும். படம் 34இல் காட்டப்பட்டிருக்கும் போட்டோ மீட்டர் ஃபார்மர்ஸ் போட்டோ மீட்டரைப் போன்ற அமைப்புடையதாகும்.

3. கோபால்ட் குளோரைடு (Cobalt Chloride) தாளை உபயோகித்தல்: வெள்ளை வடிதாளொன்றைச் சுமார் 3% செறிவுள்ள கோபால்ட் குளோரைடு கரைசலில் நனைத்து உலர வைத்தால் அது பளிச்சென்ற நீல நிறத்தை யடைகிறது. அதை ஈரமான காற்றில் வைத்தால் காற்றிலுள்ள ஈரத்தை எடுத்துக்கொண்டு அதன் நிறம் மெதுவாக இளஞ்சிவப்பாக மாறுகிறது. நன்குலர்ந்த நீலநிறமான தாளின் சிறு துண்டொன்றை இலையின் அடிப்பரப்போடு சேர்த்து வைத்து வெளிக்காற்றுப் படாதவண்ணம் செய்தால், அத் தாளானது இலையிலிருந்து வெளியேறும் நீராவியை உறிஞ்சி இளஞ்சிவப்பாக மாறும். அவ்வாறு நிறமாறும் வேகம் நீராவிப் போக்கின் வேகத்தைப் பொறுத்ததாகும்.

இந்த வழி இரு தாவரங்களின் நீராவிப் போக்கு வேகத்தை ஒப்பு நோக்க மட்டுமே ஏற்றதாகும். ஒரு தாவரத்தில் நிகழும் நீராவிப் போக்கின் உண்மை வேகத்தைக் கணக்கிட ஏற்றதல்ல. ஏனென்ருல் இலையின் பரப்பைத்தாளினுலும், தாளை மற்றச் சாதனங்களாலும் மூடி விடுவதால் இயற்கையாக இலை பெறும் காற்ரோட்டம், வெப்பம் முதலியவை மாறுகின்றன. எனவே நீராவிப் போக்கின் வேகம் இயற்கையாக நிகழும் வேகத்தினின்றும் வேறுபடுகிறது.

நீராவிப் போக்கின் பெரும் பகுதி ஸ்டோமாக்களின் வழியாக நடைபெறுகிறதென்று சொல்லப்பட்டது. ஸ்டோமாக்கள், தாவரங்களின் பசுமையான பாகங்களில், குறிப்பாக இலைகளில் உள்ளன. ஸ்டோமாக்கள் இலையின் இரு பரப்புகளிலுமோ, அல்லது ஒரே ஒரு பரப்பில் மட்டுமோ அமைந்திருக்கலாம். பொதுவாகக் கெட்டித் தண்டினை யுடைய தாவரங்களில் இலையின் கீழ்ப்பரப்பில்மட்டும் ஸ்டோமாக்கள் காணப்படுகின்றன. இருபரப்புகளிலும் ஸ்டோமாக்

களுள்ள தாவரங்களில்கூடப் பொதுவாகக் கீழ்ப்பரப்பில் மேற்பரப்பைவிட அதிகமான ஸ்டோமாக்கள் உள்ளன. நீர்த்தாவரங்களில் இலையின் மேற்பரப்பில் மட்டும் ஸ்டோமாக்களுள்ளன. சில தாவரங்களின் ஸ்டோமாக்களைப் பற்றிய விவரங்கள் கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

	தாவர இனம்	1 சதுர செ.மீயில் ஸ்டோமாக்களின் எண்ணிக்கை		முழுதும் திறந்திருக்கும்போது ஸ்டோமாதுவாரத்தின் நீளமும் அகலமும்
		மேல் வெளித் தோல்	கீழ் வெளித் தோல்	
1	அவரை	4000	28100	$7 \times 3\mu$
2	முட்டைக்கோஸ்	14100	22600	—
3	ஆமணக்கு	6400	17600	$10 \times 4\mu$
4	ஊமத்தை	11400	18900	—
5	மக்காச் சோளம்	5200	6800	$19 \times 5\mu$
6	பட்டாணி	10100	21600	—
7	சூரியகாந்தி	8500	15600	$22 \times 8\mu$
8	தக்காளி	1200	13000	$13 \times 6\mu$
9	கோதுமை	3300	1400	$38 \times 7\mu$
10	ஆப்பிள்	0	29400	—
11	முசுக்கட்டை	0	48000	—
12	பிகோனியா	0	4000	$7 \times 3\mu$

ஸ்டோமாக்கள் திறக்கவும் மூடவும் கூடியனவாகையால் நீராவிப்போக்கைக் கட்டுப்படுத்துவதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன. ஸ்டோமா திறப்பதையும் மூடுவதையும் நெறிப்படுத்தும் முக்கிய அமிசங்கள் வெளிச்சம், இலையிலுள்ள தண்ணீரளவு, வெப்பம் ஆகிய மூன்ருகும்.

வெளிச்சம் : பொதுவாக ஸ்டோமாக்கள் வெளிச்சம் அதிகமாக இருக்கும்போது திறக்கின்றன. வெளிச்சமில்லாதபோது மூடிக்கொள்ளுகின்றன. எனவே பெரும்பாலும் அவை பகலில் திறந்தும் இரவில் மூடியும் இருக்கின்றன. ஆனால், ஸ்டோமா திறப்பதற்கும் மூடுவதற்கும் தேவைப்படும் வெளிச்சம் இனத்துக்கு இனம் வேறுபடக்கூடியதாகும். ஒளியின் எல்லா அலை நீளங்களிலும் ஸ்டோமா திறக்கக் கூடுமாயினும் சிகப்பு நிற அலை நீளங்களில் மற்ற அலை நீளங்களைவிடக் குறைவாகத் திறப்பதாகத் தெரிகிறது.

ஸ்டோமாக்கள் திறப்பதும் மூடுவதும் காப்புச் செல்களிலேற்படும் ஊடுபரவமுக்க வேறுபாடுகளால் நிகழுவதாகக் கருதப்படுகிறது. காப்புச் செல்களில் பொதுவாக ஓரளவு ஸ்டார்ச் இருக்கிறது. ஆனால், அந்த ஸ்டார்ச்சினளவு எளிதில் மாறக்கூடியது. காப்புச் செல்களில் ஸ்டார்ச் குறையும்போது சர்க்கரை அதிகரிக்கிறது. ஸ்டார்ச் அதிகரிக்கும்போது சர்க்கரை குறைகிறது. சர்க்கரை அதிகரிக்கும்போது ஊடுபரவமுக்கம் அதிகரித்து அடுத்துள்ள செல்களிலிருந்து காப்புச் செல்கள் நீரை எடுத்துக்கொள்ளுவதால் அவற்றின் உப்பலமுக்கம் அதிகரிக்கிறது. உப்பலமுக்கம் அதிகரிக்கும்போது ஸ்டோமா திறக்கும்படியான அமைப்பைக் காப்புச்செல்கள் பெற்றிருப்பதால் ஸ்டோமா திறந்துகொள்ளுகிறது. மாறாக் காப்புச் செல்களில் சர்க்கரை குறையும்போது ஊடுபரவமுக்கக் குறைவால் அவற்றின் உப்பலமுக்கம் குறைந்து ஸ்டோமா மூடிக்கொள்ளுகிறது. பொதுவாக வெளிச்சம் அதிகரிக்கும்போது காப்புச் செல்களில் சர்க்கரை அதிகரிக்கிறது. வெளிச்சம் குறையும்போது சர்க்கரை குறைகிறது. காப்புச்செல்களிலிருக்கும் பசுணிகளின் செயலால் இது நிகழுவதாகக் கருதப்படுகிறது.

இலையின் நீரளவு: வெப்பம் மிக்க வெளிச்சமான நாட்களில் தாவரத்தில் பெரும்பாலும் தண்ணீர் பற்றுக்குறை ஏற்படுகிறது. இதனால் தாவரத்தின் செல்களில் நீரும் உப்பலமுக்கமும் குறைந்து வாடத் தொடங்குகின்றன. ஸ்டோமாக்களின் காப்புச் செல்களும் இந்த நிலையடைவதால் அவற்றின் உப்பலமுக்கம் குறைந்து ஸ்டோமா மூடிக்கொள்ளுகிறது.

வெப்பம் : சூழ்நிலையின் மற்ற அமிசங்களைப் பொருத்தே வெப்பம் ஸ்டோமாவைப் பாதிக்கக்கூடும். மற்ற அமிசங்கள் மாறாதிருக்கும்போது 25°Cயிலிருந்து 30°C வரை பருத்தியிலும், புகையிலையிலும் ஸ்டோமா திறப்பு அதிகரிக்கிறது. அதைவிட வெப்பம் அதிகரித்தால் மூடத் தொடங்குகிறது. பெரும்பான்மையான தாவ

ரங்களில் 0°Cயில் ஸ்டோமா முற்றிலும் மூடிக் கொள்ளுகிறது. சில தாவரங்களின ஸ்டோமாக்கள் உயர்வெப்பத்தால் (சுமார் 40°C) இருட்டில்கூட திறக்கின்றன.

காற்றும் நீராவிப்போக்கின் அளவை மாற்றக்கூடிய ஓர் அமிச மாகும். காற்றேட்டம் அதிகரிக்கும்போது இலையின் வெளிப்புறத் திலிருந்து நீராவி வேகமாக அகற்றப்படுகிறது. ஆகவே ஸ்டோமா வழியாக நீராவி வேகமாக வெளியே ஊடுபரவுகிறது. காற்றேட்டம் இல்லாதபோது ஸ்டோமாக்கள் வழியாக ஊடு பரவும் நீராவி இலையைச் சூழ்ந்துகொண்டு, இலையைச் சுற்றியிருக்கும் வெளிவளி யின் நீராவியமுக்கத்தை அதிகரிப்பதால் ஸ்டோமாக்கள் வழியாக நீராவி வெளியே ஊடுபரவும் வேகம் குறைகிறது.

நீராவிப்போக்கின் பயன்: நீராவிப்போக்கினல் தாவரத்துக்கு என்ன பயன் என்பது குறித்து மிக வேருன கருத்துகள் நிலவு கின்றன. உயிர்ப்பு, ஒளிச்சேர்க்கை முதலிய அத்தியாவசிய கிரியைகளைப் போலவே நீராவிப் போக்கும் தாவரத்தின் வாழ்க் கைக்கு அவசியமான தென்பர் ஒரு சாரார். வேறு சிலர், நீராவிப் போக்குத் தாவரங்களுக்குத் தேவையற்ற ஆனல், தவிர்க்க முடியாத ஒரு கெடுதல் என்று கருதுகின்றனர். நீராவிப்போக்கின் பயன் குறித்துச் சொல்லப்படும் கருத்துகளில் முக்கியமானவை வருமாறு:

1. **தாவரத்தில் தண்ணீரைக் கடத்தல்:** வேர்களிலிருந்து இலை களுக்குத் தண்ணீர் செல்லுவதற்கு நீராவிப்போக்குத் தேவையென்று சிலரால் கருதப்படுகிறது. ஆனல், சில நிகழ்ச்சிகள் இதற்கு மாருக உள்ளன. நீராவிப் போக்கு வேகமாக நிகழும்போது, வேர்களி லிருந்து தண்ணீர் வேகமாக மேலேறுகிறதென்ப துண்மையாயினும், நீராவிப்போக்கு மிகக் குறைவாக இருக்கும் சமயங்களிலும் (உதா ரணமாக இரவு நேரங்களில்) இலைகளுக்கு வேண்டிய தண்ணீர் வேர்களிலிருந்து மேலேறுகிறது. ஆகவே நீராவிப்போக்கே தண் ணீர் மேலேறுவதற்குக் காரணமென்று சொல்ல முடியாது.

2. **கரைசல் உப்புகளை உறிஞ்சுவதும், கடத்துவதும்:** நீராவிப்போக்கின் வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க மண்ணிலுள்ள நீரில் கரைந்திருக்கும் உப்புகளும் அதிகமான அளவில் தாவரத் தால் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறதென்று கருதப்பட்டது. ஆனல், பல சோதனைகளிலிருந்து தாவரங்கள் தண்ணீரை உறிஞ்சுவதும், அதில் கரைந்துள்ள உப்புகளை எடுத்துக்கொள்ளுவதும் ஒன்றுக் கொன்று நேரடியான தொடர்பில்லாத செயல்களென்று தெரிகிறது. வேர், தண்டு ஆகியவற்றின் சைலக் குழாய்கள் வழியாகத் தண்ணீர்

தன்பாட்டுக்குக் கடத்தப்படுவதால், அதில் கரைந்துள்ள உப்பு களும் அத்துடன் செல்லுகின்றன. எனவே நீராவிப்போக்கின் வேகம் அதிகரிக்கும்போது உப்புகள் உறிஞ்சப்படும் வேகமும் ஓரளவுக்கு அதிகரிக்கிறது. ஆனால், நீராவிப் போக்கு குறைவதால் தேவையான உப்புகள் தேவையான அளவில் கிடைக்காமல் போவதாகத் தெரியவில்லை.

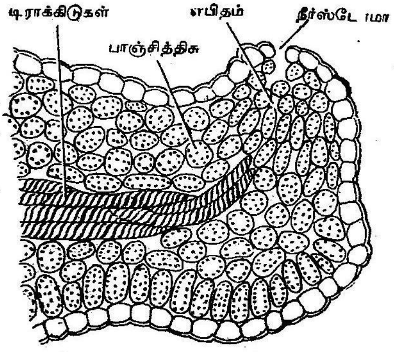
3. **குளிர்வித்தல்:** சூரியக் கதிர்களால் சூடாக்கப்படும் இலைகள் அளவுக்குமீறி சூடாகாமல் நீராவிப்போக்கே குளிர்விக்கிறது என்ற ஒரு கருத்து நிலவுகிறது. ஆனால், இதுபற்றிய கணக்கீடுகளிலிருந்து இக் கருத்து தவறானதென்று தெரிகிறது. சூரியக் கதிர்கள் ஒரு நிமிடத்தில் ஒரு சதுர சென்டிமீட்டர் இலையைச் சுமார் 37°Cக்கு உயர்த்தக்கூடியதாக உள்ளது. இவ்வளவு சூடு நீராவிப்போக்கால் குளிர வேண்டுமென்றால் ஒரு சதுர சென்டிமீட்டரிலிருந்து விநாடிக்கு 6·6 கிராம் தண்ணீர் ஆவியாகவேண்டும்.ஆனால், எந்தத் தாவரத்திலும் அவ்வளவு வேகமாக நீராவிப்போக்கு நிகழுவதில்லை. வெளி வளியைவிட அதிகமாகச் சூடாகும் பொருள்களெல்லாம் கடத்தல், ரேடியேஷன், கன்வெக்ஷன் முதலிய பௌதிகக் கிரியைகளால் குளிர்வதுபோலவே இலைகளும் சூடாகாமல் குளிர்கின்றனவல்லாமல் நீராவிப்போக்கினா லல்லவென்று தெரிகிறது.

4. **தவிர்க்க முடியாத கெடுதல்:** தாவரங்கள் உயிர் வாழ்வதற்கு அத்தியாவசியமான செயல்களான ஒளிச்சேர்க்கை, உயிர்ப்பு ஆகியவை ஸ்டோமாக்களின் வழியாகக் காற்றோட்டமேற்பட்டா லன்றி நிகழ முடியாது. எனவே தாவரங்கள் ஸ்டோமாக்களை நீண்ட நேரம் மூடி வைத்துக்கொள்ள முடியாது. ஸ்டோமாக்கள் திறந்தால் இலையினுள்ளிருக்கும் நீராவி வெளிவளிக்கு ஊடு பரவாமலிருக்க முடியாது. ஆகையால் நீராவிப்போக்குத் தாவரங்களின் அமைப்பாலும் வாழ்க்கை வழியாலும் அவற்றிற்கு ஏற்படும் ஒரு தவிர்க்கமுடியாத கெடுதலாகுமென்று கருதப்படுகிறது. இக் கருத்தும் ஓரளவுக்கு உண்மையாயினும், நீராவிப்போக்கினால் செல்களிலேற்படும் விளைவுகளெல்லாம் அவற்றிற்கு அவசியமற்ற நிகழ்ச்சிகளென்று சொல்ல முடியாது. எனவே நீராவிப் போக்கால் தாவரங்களிலேற்படும் விளைவுகள் குறித்து மேலும் நன்றாக ஆராய்ந்தறிவ தவசியமாகும்.

5. **நீருகுத்தல்:** தொட்டியில் வளரும் ஒரு தக்காளிச் செடிக்கு நன்றாகத் தண்ணீர் ஊற்றி ஒரு மணி ஜாடியால் மூடிவிட்டால் சற்று நேரத்தில் இலைகளின் விளிம்பு முனைகளிலிருந்து நீர்த் துளிகள் துளிர்த்து வெளிவருவதைக் காணலாம். நேரம் செல்

லச் செல்ல இத்துளிகள் பெரிதாகி இலையிலிருந்து சொட்டுச் சொட்டாக விழத் தொடங்கலாம். இவ்வாறு ஆவி வடிவிலல்லாமல், திரவ வடிவில் தாவரத்திலிருந்து நீர் வெளியேறுவது நீருகுத்கல் (Guttation) எனப்படும். பொதுவாக வேர்களுக்கு அதிகத் தண்ணீர் கிடைத்து நீராவிப்போக்குக் குறைந்துபோகும் நிலைமை ஏற்படும் போது அநேக தாவரங்கள் நீருகுக்கின்றன. குளிரான இரவு நேரத்துக்குப் பிறகு காலையில் புல் நுனிகளில் காணப்படும் நீர்த் துளிகள் பெரும்பாலும் நீருகுத்தலா லேற்பட்டனவன்றிப் பனியால் வந்தன வல்ல.

நீருகுக்கும் தாவரங்களின் இலை விளிம்புகளில் நீர்ஸ்டோமா எனப்படும் துளைகள் காணபடுகின்றன. அத்துளைகளின் வழியாகவே நீருகுக்கப்படுகிறது. இத் துளைகளைச் சார்ந்த இலையினுள் எபிதம் (Epithem) என்னும் பஞ்சுத் திசு உள்ளது. அப் பஞ்சுத் திசுவில் இலை நரம்பின் சைலக் குழல்கள் முடிவடைகின்றன (படம் 35). இந்த சைலச் குழல்களிலிருந்து வெளியேறும் நீரே நீர்ஸ்டோமாவின் வழியாக நீர்த் துளிகளாக வெளியே சொட்டுகிறது.



படம் 35.

நீர்ஸ்டோமாவின் திசுவமைப்பு.

5. சாறேற்றம்

(Ascent of Sap)

ஒரு குழலில் நீரை மேலே உறிஞ்சினால் வளிவெளி யமுக்கத்தால் நீர் மேலே எழுகிறது. ஆனால், வளிவெளியமுக்கம் சுமார் 10 மீட்டர் உயரத் தண்ணீரின் அமுக்கத்துக்குச் சமமாகையால் அந்த உயரத்துக்கு மேல் குழலில் தண்ணீரை உறிஞ்ச முடியாது.

யூகாலிப்டஸ் போன்ற சில உயரமான மரங்கள் சுமார் 100 மீட்டர் உயரம் வளரக்கூடியவை. அவற்றின் வேர்களிலிருந்து இலைகளுக்கு அவ்வளவு உயரம் தண்ணீர் எப்படிச் செல்லுகிறது என்பது

பற்றிப் பல கருத்துகள் சொல்லப்படுகின்றன. அவற்றில் இப்போது பெரும்பான்மையினரால் ஒப்புக்கொள்ளப்படுவது நீரின் கூட்டிணைவுக் கோட்பாடாகும். இக் கோட்பாட்டைப் பல சோதனைகளின் மூலம் நிரூபித்தவர் டிக்சன் (Dixon) என்பவராகும்.

கூட்டிணைவுக் கோட்பாடு : தண்ணீரின் மாலிக்யூல்கள் இடைவிடாது அசைந்து கொண்டிருந்தாலும் ஒன்றையொன்று மிக வலுவாக ஈர்க்கின்றன. இவ்வாறு மாலிக்யூல்கள் ஒன்றையொன்று ஈர்த்து ஒன்றாக இணைந்திருப்பது இணைவாற்றல் (Cohesive force) எனப்படும். ஒரு நுண்குழலி லடங்கியிருக்கும் தண்ணீர், இணைவாற்றலால் நுண்குழலுக்குள் ஒரு கம்பி போல் செயல்படக் கூடியதாக உள்ளது. அதுவுமல்லாமல் தண்ணீர் மாலிக்யூல்கள் நுண்குழலின் சுவற்றோடு வலிமையாக ஒட்டிக்கொள்ளும் தன்மையையும் உடையனவாகும். இது ஒட்டாற்றல் (Adhesive force) எனப்படும். நுண்குழலின் வழியாகத் தண்ணீர் மிக வலுவாக மேலே இழுக்கப்பட்டால் ஒட்டாற்றலால் தண்ணீர் மாலிக்யூல்கள் குழலின் சுவரிலிருந்து விலகாமல் ஒட்டிக்கொண்டே இருக்கின்றன. தண்ணீரின் இணைவாற்றலாலும், ஒட்டாற்றலாலும் நுண்குழலி லடங்கியுள்ள நீரை மேல் நுனியிலிருந்து வலுவாக இழுத்தால் அந்த இழுப்புத் திறன் குழலின் கீழ் நுனியில் அப்படியே பெறப்படுகிறது. இதனால் நுண்குழல் வழியாகத் தண்ணீர் 10 மீட்டர்களுக்கு மேல் பல மீட்டர்கள் ஏறச் செய்யலாம். இந்த உண்மை சோதனைகளின் மூலம் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது.

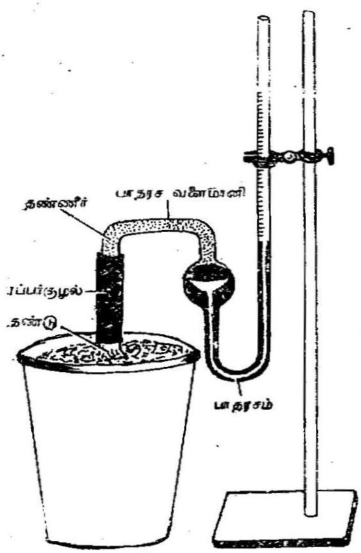
தாவரத்தின் சைலக் குழல்கள் மிக நுண்ணியவையாகவும், இலைகளிலிருந்து வேர்நுனி வரை தண்டு வழியாக இடையறுத தொடர்புடையனவாகவும் உள்ளன. எனவே அவற்றிலடங்கிய தண்ணீர் இலைமுதல் வேர்வரை தொடர்ச்சியான இழைகளாக இருக்கின்றன. இலைகளிலிருந்து நீராவிப்போக்கு ஏற்படுவதால் சைலக் குழல்களின் இலை நுனிகளில் தண்ணீர் மேலே இழுக்கப்படுகிறது. இந்த இழுப்புச் சக்தி சைலக்குழல்களின் வேர்நுனிகளில் பெறப்படுகிறது. அங்கு வேர்த்தூவிகளின் வழியாக மண்ணிலிருந்து உறிஞ்சப்பட்டுப் புறணியில் நிறைந்திருக்கும் தண்ணீர் சைலக்குழல்களில் உறிஞ்சப்பட்டு மேலேறுகிறது.

வேரமுக்கக் கோட்பாடு : சில தாவரங்களின் தண்டினை மண் மட்டத்துக்கு மேல் சற்று உயரத்தில் வெட்டினால், வெட்டு நுனியிலிருந்து சைலச்சாறு வடியத் தொடங்குகிறது. சாறு வெளிவரும் அமுக்கம் பொதுவாக 2 வளிவெளிகளுக்கும் குறைவாகும். சில தாவரங்களில் ஏராளமான சாறு பல மணி நேரம் வடிந்துகொண்டே இருக்கிறது. கரும்பு, மக்காச்சோளம், பூசணி முதலியவற்றில் ஒரு

நாளைக்கு 100 மில்லிலிட்டர் சாறு வடிகிறது. மற்றும் சில மரங்களில் ஒரு நாளில் 28 மில்லிலிட்டர் சாறு வடிவதாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. இவற்றிலிருந்து, நீராவிப்போக்கினால் மேலே இழுக்கப்படாமலே சாறு வேர்களிலிருந்து மேலேற முடியுமென்று தெரிகிறது. ஊடுபரவமுக்கத்தால் வேர்கள் மண்ணிலிருந்து உறிஞ்சும் அமுக்கமே இதன் காரணமாகும். எனவே இது வேரமுக்கம் எனப்படுகிறது.

வேரமுக்கமே தாவரங்களில் சாறு மேலேறுவதற்குக் காரணமென்று சிலரால் கருதப்படுகிறது. சில தாவரங்களில் வேரமுக்கத்தால் சாறு வடிவதுண்மையாயினும் பல தாவரங்களில் அவ்வாறு வடிவதில்லை. மற்றும் வேரமுக்கத்தால் வடியும் சாற்றின் அளவு நீராவிப்போக்கால் வெளியேறும் நீரின் அளவைவிடக் குறைவாகவே உள்ளது. வேரமுக்கத்தின் அளவு பெரும்பாலும் ஒரு சில மீட்டர்கள் உயரத்துக்குச் சாற்றை உயர்த்த மட்டும் போதியதாக இருக்கிறது. எனவே உயரமான தாவரங்களின் நுனி வரை சாறு உயர வேரமுக்கம் போதுமானதல்ல.

வேரமுக்கத்தினளவைப் பின்வரும் சோதனையால் கணக்கிடலாம். நன்றாக நீரூற்றப்பட்ட ஒரு தொட்டிச் செடியை எடுத்து அதன் தண்டினை மண்மட்டத்துக்குமேல் 1 செ.மீ. உயரத்தில் தண்ணீரினடியில் வைத்து வெட்ட வேண்டும். தண்டோடு இறுக்கமாகப் பொருந்தும்படியான ஒரு ரப்பர் குழாயை வேரூன்றிய பகுதியின் வெட்டு முனையோடு பொருத்தி ரப்பர் குழாயின் மறு நுனியில் ஒரு நீண்ட கண்ணாடிக் குழாயைப் பொருத்த வேண்டும். கண்ணாடிக் குழாயில் சற்று உயரம் நிற்கும்படியாக அதில் தண்ணீர் ஊற்றி வைத்து நீரின் மட்டத்தைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். சிறிது நேரத்தில் தண்டின் வெட்டுமுனை வழியாக வடியும் சாற்றினால் கண்ணாடிக் குழாயில் நீர்மட்டம் உயரத் தொடங்குவதைக் காணலாம். நீர்மட்டம் அதிகபட்சம் எவ்வளவு உயருகிறது என்பதிலிருந்து வேரமுக்கத்தி



படம் 36.
வேரமுக்கச் சோதனை.

னளவை நிர்ணயிக்கலாம். ரப்பர் குழாயோடு, கண்ணுடி குழலுக்குப் பதிலாக ஒரு பாதரச வளையளவியை (Manometer) இணைத்தால், வளையளவியில் பாதரசம் உயரும் அளவிலிருந்து வேறு முக்கத்தை மேலும் துல்லியமாகக் கணக்கிடலாம் (படம் 36).

உயிர்ச்சக்திக் கோட்பாடு : மேலே சொல்லப்பட்ட இரண்டு கோட்பாடுகளிலும் வெறும் பௌதிகக் கிரியைகள் மட்டுமே தாவரத்தின் சாறேற்றத்துக்குக் காரணமாகக் கொள்ளப்படுகின்றன. தாவரங்கள் உயிருள்ளவையாகையால் அவற்றில் எளிய பௌதிகக் கிரியைகள் மட்டுமின்றிச் சிக்கலான பல உயிர்க் கிரியைகளும் நிகழுகின்றன ஆகவே சாறு இறந்த செல்களாலான சைலக் குழல்களில் மேலேறினாலும், சைலக் குழல்களைச் சூழ்ந்திருக்கும் உயிருள்ள செல்களின் செயலே சாறேற்றத்துக்கு முக்கிய காரணமாகுமென்று சிலரால் கருதப்பட்டது. ஆனால், இது குறித்துச் செய்யப்பட்ட சோதனைகள் இக் கோட்பாட்டை மெய்ப்பிப்பனவாக இல்லை. சைலக்குழல்களைச் சுற்றியுள்ள செல்களைப் பல வழிகளில் இறக்கச் செய்தாலும் சாறேற்றம் தொடர்ந்து நிகழுகிறது. ஆனால், அவ்வாறு இறந்த செல்களையுடைய தண்டின் இலைகள் கடைசியாக வாடி இறந்து விடுகின்றன. இது, இறந்த செல்களிலிருந்து உண்டாகும் நச்சுப் பொருள்கள் தாவரத்தில் பரவுவதாலும், இறந்த செல்களிலிருந்து சைலக்குழல்களை அடைத்துக் கொள்ளும் சில பொருள்கள் உண்டாவதாலுமே யன்றி, சாறேற்றம் நிகழாததா லல்ல என்று கருதப்படுகிறது.

6. ஒளிச்சேர்க்கை

(Photosynthesis)

ஒளிச்சேர்க்கை என்பது உயிர்வாழ்வன அனைத்துக்கும் தேவைப்படும் உணவுப்பொருளைத் தாவரங்களின் பச்சை நிறமான பாகங்கள் உற்பத்தி செய்யும் அடிப்படைக் கிரியையாகும். எனவே பசுந் தாவரங்களில்லாவிட்டால் இவ்வுலகில் உயிர் வாழ்க்கையே இயலாததாகி விடும். உணவுப் பொருள் மட்டுமன்றி எரிபொருள்களான விறகு, நிலக்கரி, எண்ணெய்கள் முதலியனவும் ஒளிச்சேர்க்கையின் அடிப்படையில் தோன்றுவனவேயாகும்.

ஒளிச்சேர்க்கையில், தாவரங்கள் தமது செல்களிலிருக்கும் பசுணிகளி லடங்கியிருக்கும் பச்சையம் (Chlorophyll) என்னும் பொருளினுதவியால் கார்பன் டை ஆக்சைடு, தண்ணீர் ஆகியவற்றை ஒளி

யின் சக்தியைக் கொண்டு பல வேதிமாற்றங்களுக்கு உட்படுத்தி முடிவில் கார்போஹைட்ரேட்டாக மாற்றுகின்றன. வேதிமாற்றங்களின்போது, ஒளியின் சக்தி வேதிக் கூட்டுகளில் ஒன்றுகிறது. எனவே கார்பன் டை ஆக்சைடு, தண்ணீர் ஆகிய இரண்டையும் விட முடிவிலுண்டாகும் கார்போஹைட்ரேட் அதிக வேதிச் சக்தியைக் கொண்டதாகிறது. இந்த அதிகச் சக்தியே உயிரினங்கள் உயிர் வாழத் தேவையான சக்தியாகப் பயன்படுகிறது.

ஒளிச்சேர்க்கையில் நிகழும் சிக்கலான வேதி மாற்றங்கள் பலவாகும். அவையனைத்தும் என்னவென்று இன்னும் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. எனவே உயிருடைய செல்களிலன்றிச் சோதனைச் சாலையில் ஒளிச்சேர்க்கையை இன்னும் நிகழச் செய்ய முடியவில்லை. ஆயினும் சமீபகாலத்தில் செய்யப்பட்ட நுணுக்கமான ஆராய்ச்சிகளினாலும், உயிர் வேதியியலின் அறிவு முன்னேற்றத்தினாலும் ஒளிச்சேர்க்கையில் நிகழும் பல கிரியைகளின் போக்குகள் தெரிய வந்துள்ளன.

ஒளிச்சேர்க்கையில் நிகழும் மொத்த வேதி மாற்றத்தைக் கீழ்க் காணும் சமனத்தால் குறிக்கலாம்.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{ஒளிச் சக்தி + பச்சையம்}]{\text{673 கிலோ காலரி}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \uparrow$$

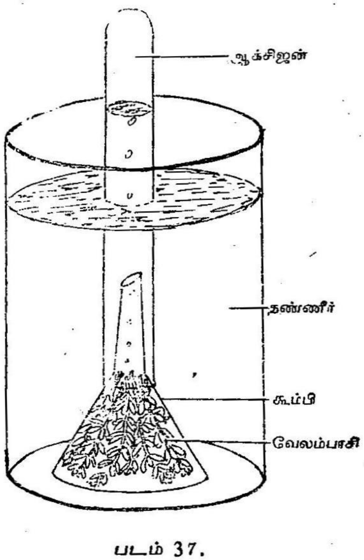
ஒளிச்சேர்க்கையாலுண்டாகும் கார்போஹைட்ரேட் பெரும்பாலும் ஸ்டார்ச்சாகச் (starch) செல்களில் சேருகிறது. எனவே ஒளிச்சேர்க்கையின் முடிவைக் குறிக்கும் நிகழ்ச்சிகள் ஸ்டார்ச் தோன்றுவதும் ஆக்சிஜன் வெளிவருவதுமாகும். இவற்றைச் சோதனைகளின் மூலம் காணலாம்.

ஸ்டார்ச் உண்டாதல்: அயொடின் கரைசலோடு கலக்கும்போது ஆழ்ந்த நீல நிறத்தைப் பெறுவது ஸ்டார்ச்சின் தனிக் குணமாகும்.

தொட்டிச் செடியொன்றை இரண்டு நாட்களுக்கு இருட்டில் வைக்கவேண்டும். பிறகு அதில் ஓர் இலையைக் கிள்ளியெடுத்துக் கொதிக்கும் தண்ணீரில் சில நிமிஷங்கள் கொதிக்க வைக்கவேண்டும். இதனால் இலையின் செல்கள் யாவும் இறந்துவிடுகின்றன. பிறகு இலையை ஸ்பிரிட்டில் சற்று நேரம் முக்கிவைத்தால் இலையின் செல்களிலிருக்கும் பச்சையமெல்லாம் ஸ்பிரிட்டில் கரைந்து இலை வெண்மை நிறமடையும். அதை எடுத்துத் தூய்மையாக்கப்பட்ட தண்ணீரில் கழுவி அதன்மீது அயொடின் கரைசலை ஊற்றினால் இலை நீலநிற மடையாமல் வெளிர் நிறமாகவே இருப்பதைக் காண

லாம். அதே செடியை எடுத்து நல்ல சூரிய ஒளியில் சிலமணி நேரம் வைத்திருந்து பிறகு ஓர் இலையை மேற்சொன்னபடி சோதனைசெய்து பார்த்தால் இலை நீலநிறமாக மாறுவதைக் காணலாம். இதிலிருந்து ஒளிக்கு இலக்கான இலைகளில்மட்டும் ஸ்டார்ச் உண்டாகிறதென்றும், ஒளியைப் பெருத இலைகளில் ஸ்டார்ச் உண்டாவதில்லையென்றும், அதற்குக் காரணம் ஒளியில்லாமல் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழக் கூடாமையே யாகுமென்றும் உணரலாம்.

ஆக்சிஜன் வெளிப்படல்: உயிர்களில் நிகழும் கிரியைகளனைத்திலும் ஒளிச்சேர்க்கை ஒன்றுல் மட்டுமே ஆக்சிஜன் வாயு வெளிப்படுகிறது. ஒளிச்சேர்க்கையில் ஆக்சிஜன் வெளிப்படுவதைக் கீழ்க்காணும் சோதனையால் காணலாம் (படம் 37).



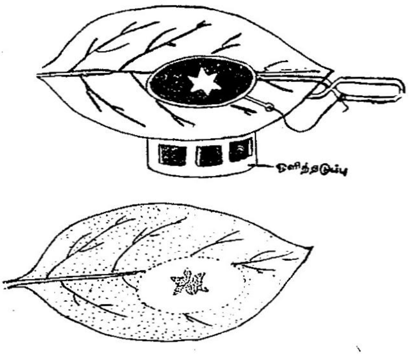
படம் 37.
ஒளிச்சேர்க்கையில் ஆக்சிஜன் வெளியேற்றச் சோதனை.

நீர்த்தாவரமாகிய வேலம் பாசியைச் சுமார் 10 சென்டிமீட்டர் நீளமுள்ள துண்டுகளாகச் செய்துகொள்ளவேண்டும். அவற்றில் சிலவற்றை ஒரு கண்ணுடிப் பாத்திரத்திலுள்ள தண்ணீரில் வைத்து ஒரு கண்ணுடிக் கூம்பியைக் கவிழ்த்து மூடிவிடவேண்டும். கூம்பியின் தண்டு நுனி நீர்மட்டத்துக்குக் கீழே இருக்கும்படியாக நீரினளவைச் சரிப்படுத்திக் கூம்பியின் தண்டின்மேல் நீர்நிரம்பிய ஒரு சோதனைக் குழாயைக் கவிழ்த்து மூடவேண்டும். இந்த அமைப்பை நல்ல சூரிய ஒளியில் வைத்தால் சற்று நேரத்தில் வேலம்பாசித் துண்டுகளிலிருந்து வாயுக் குமிழிகள் வெளிப்பட்டுக் கூம்பியின் தண்டு வழியாக மேலே சென்று சோதனைக் குழாயில் சேருவதைக் காணலாம். போதுமான அளவு வாயு சேர்ந்தவுடனே சோதனைக் குழாயைக் கவனமாக எடுத்து, வாயுவைச் சோதனைசெய்து பார்த்தால் அது ஆக்சிஜனுக இருப்பது தெரியும்.

ஸ்டார்ச் உண்டாவதும், ஆக்சிஜன் வெளிப்படுவதும் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழுவதை அறிந்துகொள்ளுவதற்கான இரு சாதனங்க

ளாகும். மற்றும் இவை உண்டாகும் அளவு ஒளிச்சேர்க்கையி னளவைக் குறிப்பதாகையால், இவற்றிலிருந்து ஒளிச்சேர்க்கையின் அளவையும் வேகத்தையும் கணக்கிடமுடியும்.

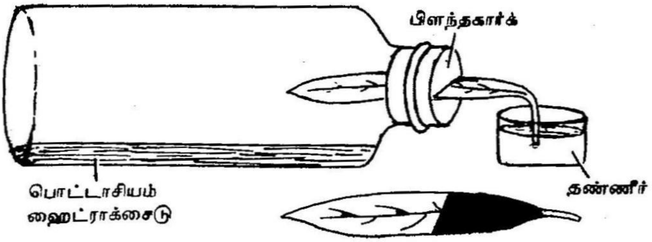
ஒளியில்லாமல் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழாதென்பதை முன்பே ஒரு சோதனையில் கண்டோம். மற்றும் ஒளித்தடுப்பு (Light screen) என்னும் சாதனத்தை உபயோகித்தும் ஒரே இலையில் ஒளிபடும் இடத்தைத்தவிர மற்ற இடங்களில் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழாதென்பதைக் காணலாம். ஒளித்தடுப்பு என்பது ஓர் இலையில் குறிப்பிட்ட சில இடங்களில் ஒளி விழுந்து மற்ற இடங்களில் ஒளி விழாமல் தடுத்து ஆனால், காற்று கிடைக்குமாறு செய்யும் சாதனமாகும். இரண்டு நாட்கள் இருட்டில் வைக்கப்பட்ட ஒரு தொட்டிச் செடியின் இலையில் ஓர் ஒளித்தடுப்பைப் பொருத்திப் பிறகு செடியைச் சிலமணி நேரம் சூரிய ஒளியில் வைக்க வேண்டும். பிறகு அந்த இலையை ஸ்டார்ச் சோதனை செய்தால், ஒளிபட்ட இடங்கள்மட்டும் நீலநிறமாக மாறுவதையும், ஒளிபடாத இடங்கள் வெள்ளை நிறமாகவே இருப்பதையும் காணலாம்(படம்38).



படம் 38.
ஒளித் தடுப்பு சோதனை.

ஒளிச்சேர்க்கைக்குக் கார்பன்டை ஆக்சைடு தேவையென்பதை ஃபான்மோல் (Van Mohl) என்பவர் செய்த ஓர் எளிய சோதனைமூலம் அறியலாம் (படம் 39). இருட்டில் இரண்டு நாட்கள் வைக்கப்பட்ட செடியின் இலையொன்றைக் கொஞ்சம் பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு அடங்கிய ஒரு கண்ணாடிப் புட்டியினுள் பிளந்த கார்க்கின் வழியாகப் பாதி நுழைத்துக் காற்றுப்புகாமல் இறுக்கி மூடிவிடவேண்டும். செடியைச் சிலமணி நேரம் சூரியஒளியில் வைத்த பிறகு அந்த இலையை ஸ்டார்ச் சோதனை செய்தால், கண்ணாடிப் புட்டியினுள்ளிருந்த பகுதி நீல நிறமாக மாறாததையும், வெளியேயிருந்த பகுதி நீலநிறமாக மாறுவதையும் காணலாம். கண்ணாடிப் புட்டியினுள்ளிருக்கும் பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு கார்பன்டை ஆக்சைடை உறிஞ்சிக்கொள்ளும். எனவே புட்டியினுள் கார்பன்டை

ஆக்சைடைத்தவிர ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தேவையான மற்றச் சாதனங்களெல்லா மிருந்தாலும் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழுவதில்லை.



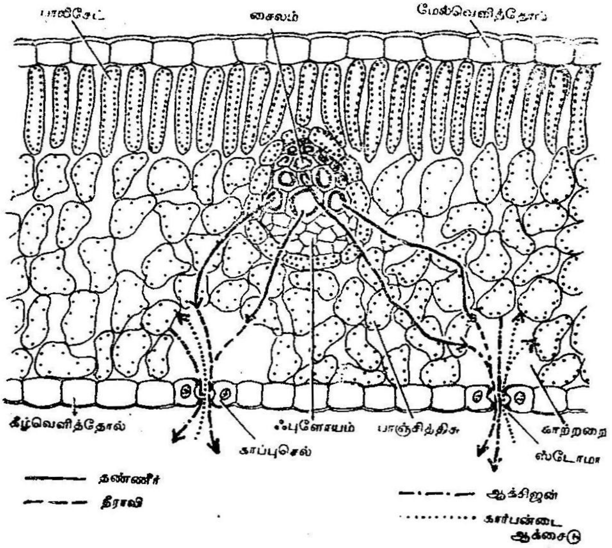
படம் 39.

ஃபான்மோல் சோதனை.

ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் பச்சையம் தேவையென்பதை ஒரே இலையில் திட்டுத்திட்டாகப் பச்சை நிறத்தையும் மற்ற நிறங்களையுமுடைய சில குரோட்டன் தாவர இலைகள் மூலம் அறியலாம். அப்படிப்பட்ட இலைகளையுடைய ஒரு தாவரத்தை இரண்டு நாட்கள் இருட்டில் வைத்தபிறகு சிலமணிநேரம் சூரிய ஒளியில் வைத்து ஓர் இலையை ஸ்டார்ச் சோதனை செய்தால், இலையில் பச்சை நிறமாக இருந்த பகுதிகள்மட்டும் நீலநிறமடைவதையும் மற்ற இடங்கள் வெளிர் நிறமாகவே இருப்பதையும் காணலாம்.

ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தேவையான நான்கு சாதனங்களும் கிடைக்குமாறும், ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ மிக ஏதுவான வகையிலும் இலைகள் வெளியமைப்பையும், உள்ளமைப்பையும் பெற்றுள்ளன (படம் 40). இலைகள் தட்டையாகவும், பெரும்பாலும் அவற்றின் பரப்பு சூரிய ஒளிக்கு நேர் குறுக்காக அமைந்ததாகவும் இருக்கின்றன. இதனால் இலைகள் அதிகபட்ச சூரியஒளிக்கு இலக்காகின்றன. இலையின் வெளிப்பரப்பில் ஏராளமான ஸ்டோமாக்கள் உள்ளன. ஸ்டோமாக்களைச் சார்ந்து இலையினுள் பெரிய காற்றறைகளும், அக்காற்றறைகளோடு தொடர்ந்து இலையின் மீசொபில் செல்களின் அகண்ட செல்லிடை வெளிகளும் உள்ளன. ஸ்டோமாக்களின் வழியாக இலையினுள் ஊடுபரவும் வெளிவளியிலுள்ள கார்பன்டை ஆக்சைடு செல்லிடை வெளிகளில் பரவிச் செல் சுவற்றின் வழியாகச் செல்களுக்குள் ஊடுபரவுகிறது. அவ்வாறு ஊடுபரவும் கார்பன்டை ஆக்சைடு செல்லிலுள்ள தண்ணீரில் கரைந்து கார்போனிக் ஆசிடாகிறது. இதிலிருந்து பசுணிகளுக்கு ஒளிச்சேர்க்கைக்கான கார்பன்

டை ஆக்சைடு கிடைக்கிறது. மற்றும் உயிர்ப்பால் வெளிப்படும் கார்பன்டை ஆக்சைடும் ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் பயன்படுகிறது. மீசோபில் செல்களில் பச்சையம் அடங்கிய பசுணிகள் ஏராளமாக உள்ளன. ஒளிச்சேர்க்கையின் விளைவாக வெளிப்படும் ஆக்சிஜனில்



படம் 40.

ஒளிச் சேர்க்கையில் இலையினுள் நிகழும் பரிமாற்றங்களைக் காட்டும் படம்.

உயிர்ப்புக்காக உபயோகப்பட்டதுபோக மீதி செல்லிடை வெளிகளுக்கு ஊடுபரவி, ஸ்டோமாக்கள் வழியாக வெளிவளிக்கு ஊடுபரவுகிறது. இவ்வாறாக இலைகள் ஒளிச்சேர்க்கைக்கு ஏற்ற அமைப்பைப் பெற்றுள்ளன.

வரம்பமைவு (Limiting factors): ஒளி, கார்பன்டை ஆக்சைடு, பச்சையம், தண்ணீர் ஆகிய நான்கு சாதனங்களில் ஒன்று இல்லையாயினும் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழாதென்று கண்டோம். ஒளிச்சேர்க்கையின் அளவும், வேகமும் இந்நான்கு சாதனங்களின் அளவுகளைப் பொருத்தே அமைகிறது. எனவே இவற்றில் மிகக் குறைவாக இருக்கும் சாதனம் ஒளிச்சேர்க்கையின் வேகத்துக்கு வரம்பாக அமைகிறது. உதாரணமாக, ஒளி மிகக் குறைவாக இருந்தால் மற்றச் சாதனங்கள் எவ்வளவு அதிகமாக இருந்தாலும், அந்த ஒளி

யால் எவ்வளவு ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ முடியுமோ அதற்குமேல் வேகமாக நிகழமுடியாது. மற்றும் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ ஒவ்வொரு சாதனமும் ஒரு குறைந்த பட்ச அளவு தேவைப்படுகிறது. அக்குறைந்த பட்ச அளவுக்குக்கீழ் எந்தச் சாதனம் குறைந்தாலும் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழாது. அதேபோல் ஒவ்வொரு சாதனத்துக்கும் ஓர் அதிகபட்ச அளவு உள்ளது. அதற்குமேல் எந்தவொன்று அதிகரித்தாலும் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழுவது பாதிக்கப்படுகிறது. நான்கு சாதனங்களும் என்ன கணக்கில் வரம்பாக அமைகின்றன என்று பார்ப்போம்.

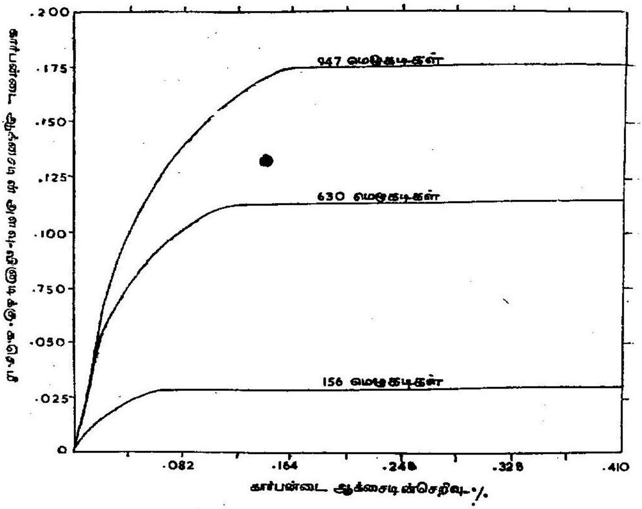
கார்பன்டை ஆக்சைடு: தாவரங்களுக்குக் கிடைக்கும் கார்பன்டை ஆக்சைடு முழுதும் வெளிவெளியிலிருந்தே எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. வெளிவெளியிலுள்ள கார்பன்டை ஆக்சைடு சராசரி 0.03 சதவீதமே யாகும். இது நைட்ரஜன் (78%) ஆக்சிஜன் (21%) ஆகியவற்றின் அளவோடு ஒப்பிடும்போது மிக்க குறைவானதாகும். இருந்த போதிலும் உயிர் வாழ்க்கைக்கு அடிப்படையான இவ்வாயுவின் மொத்த அளவு அதிகம். உலகின் வெளிவெளியில் மொத்தம் 2×10^{15} கிலோகிராம் கார்பன்டை ஆக்சைடு இருப்பதாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. இதில் முப்பதில் ஒரு பங்கான 6×10^{12} கிலோகிராம் கார்பன்டை ஆக்சைடு மட்டுமே ஓராண்டுக் காலத்தில் தாவரங்களால் ஒளிச்சேர்க்கைக்கு உபயோகிக்கப்படுகிறது.

இலைகளுக்குள் ஸ்டோமாக்களின் வழியாகக் கார்பன்டை ஆக்சைடு ஊடுபரவிச் செல்லுகிறதென்று முன்பே சொல்லப்பட்டது. ஸ்டோமா இல்லாத நீர்த்தாவரங்களில் கார்பன்டை ஆக்சைடு நேரடியாக வெளித் தோலின் வழியாக ஊடுபரவி உள்ளே செல்லுகிறது. ஸ்டோமாக்கள் உள்ள தாவரங்களில்கூட நேரடியாக வெளித்தோலின் வழியாக ஓரளவு கார்பன்டை ஆக்சைடு ஊடுபரவலாம்.

பொதுவாக வெளிவெளியி லுள்ள செறிவைவிடக் கார்பன்டை ஆக்சைடின் செறிவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க ஒளிச்சேர்க்கையின் வேகமும் அதிகரிக்கிறது. கோதுமைப் பயிரில் கார்பன்டை ஆக்சைடின் செறிவதிகரிப்பினுல் ஒளிச்சேர்க்கை எங்ஙனம் அதிகரிக்கிறதென்பதைப் படத்தில் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் வரைகோட்டில் காணலாம் (படம் 41).

வேறு எந்தச் சாதனமும் வரம்பாகாவிடில் கார்பன்டை ஆக்சைடின் செறிவதிகரிப்பால் குறைந்தது 15 முதல் 20 மடங்கு வரை ஒளிச்சேர்க்கையின் வேகம் அதிகரிக்கக்கூடும். ஆனுல், 20% க்கு அதிகமான செறிவு ஒளிச்சேர்க்கையைத் தடைசெய்யத் தொடங்கு

கிறது. கார்பன்டை ஆக்சைடின் செறிவு வெளிவளியிலுள்ளதை விடச் சில மடங்கு அதிகரித்தால் அதனுலேற்படும் ஒளிச்சேர்க்கை.



படம் 41.

மூன்று வெவ்வேறு ஒளிப் பிரகாசங்களில், கார்பன்-டை-ஆக்சைடின் செறிவுக்கும் ஒளிச் சேர்க்கைக்கும் உள்ள தொடர்பு.

யுயர்வு நீடித்துச் செயல்படக்கூடும். மிகுந்த அதிகரிப்பால் ஒளிச் சேர்க்கை தொடர்ந்து உயர்ந்தாலும் அந்த உயர்வு நீண்ட நேரம் நீடித்து நிலவ முடியாமல் கொஞ்ச நேரத்துக்குப் பிறகு தடைப்படத் தொடங்குகிறது.

வெளிவளியில் 0.03% மட்டுமே கார்பன்டை ஆக்சைடு இருப்பதால், பகல் நேரத்தில் பெரும்பாலும் கார்பன்டை ஆக்சைடின் செறிவே ஒளிச்சேர்க்கைக்கு வரம்பாக அமைகிறது. ஏனென்ருல் இந்த அளவு கார்பன்டை ஆக்சைடால் நிகழக்கூடிய ஒளிச்சேர்க்கையி னளவைவிட, அதிகமான ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் போதுமான அளவில் மற்ற மூன்று சாதனங்களும் எப்போதும் இலைகளுக்குக் கிடைக்கிறது.

ஒளி: மின் காந்த அலைகளினுலானது ஒளி. நம் கண்ணுக்குத் தெரியும் நிறமற்ற ஒளி குறிப்பிட்ட வரம்புகளுக்கிடைப்பட்ட அலை நீளத்தையுடைய மின் காந்தக் கதிர்க்கற்றையாகும். சூரிய ஒளியை ஒரு முப்பட்டைக் கண்ணுடி வழியாகச் செலுத்தினுல் வெளிவரும்

ஒளி ஏழு நிறங்களாகக் காணப்படுகிறது. இவற்றில் அதிக அலை நீளமுடைய செந்நிறம் ஒரு கோடியிலும், குறைந்த அலை நீளமுடைய ஊதா நிறம் மறுகோடியிலும், மற்ற இடைப்பட்ட நீளங்களை உடைய நிறங்கள் இரண்டுக்கும் இடையிலும் காணப்படுகின்றன. இந்த அலை நீளங்களெல்லாவற்றிலும் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழக் கூடுமென்றாலும் பெரும்பான்மையான தாவரங்களில் செந்நிறக் கற்றையில் சுமார் 655 மில்லி மைக்ரான் (Millimicron) அலை நீளத்திலும், நீலநிறக் கற்றையில் சுமார் 440 மி. மை அலை நீளத்திலுமே ஒளிச்சேர்க்கை அதிவேகமாக நிகழுவதாகத் தெரிகிறது. சில நீர்ப் பாசிகளில் ஆரஞ்சுச் செந்நிறத்திலும் அதற்கு அடுத்தபடியாகப் பசு மஞ்சள் நிறத்திலும் ஒளிச்சேர்க்கையின் அதிகபட்ச வேகம் காணப் படுகிறது.

ஒளி நிறம் மாறும்போது, ஒளிச்சேர்க்கையின் வேகம் மாறுவதை ஒரு நீர்த்தாவரம் (உ-ம்-வேலம்பாசி) வெளிவிடும் ஆக்சிஜனின் அளவிலிருந்து அறியலாம். முன் பக்கமொன்றில் விவரிக்கப்பட்டுள்ள இதற்கான சோதனையை ஒரு குறிப்பிட்ட நிறமுள்ள கண்ணாடி ஜாடியால் மூடிக் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் வெளிப்படும் ஆக்சிஜனின் அளவைக் காணவேண்டும். பிறகு அதே சோதனையை வேறு நிறமுள்ள ஜாடியால் மூடிக் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் வெளிப்படும் ஆக்சிஜனைக் கணக்கிடுவதன்மூலம் இருநிற ஒளியிலும் ஒளிச்சேர்க்கையின் வேகத்தை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கலாம்.

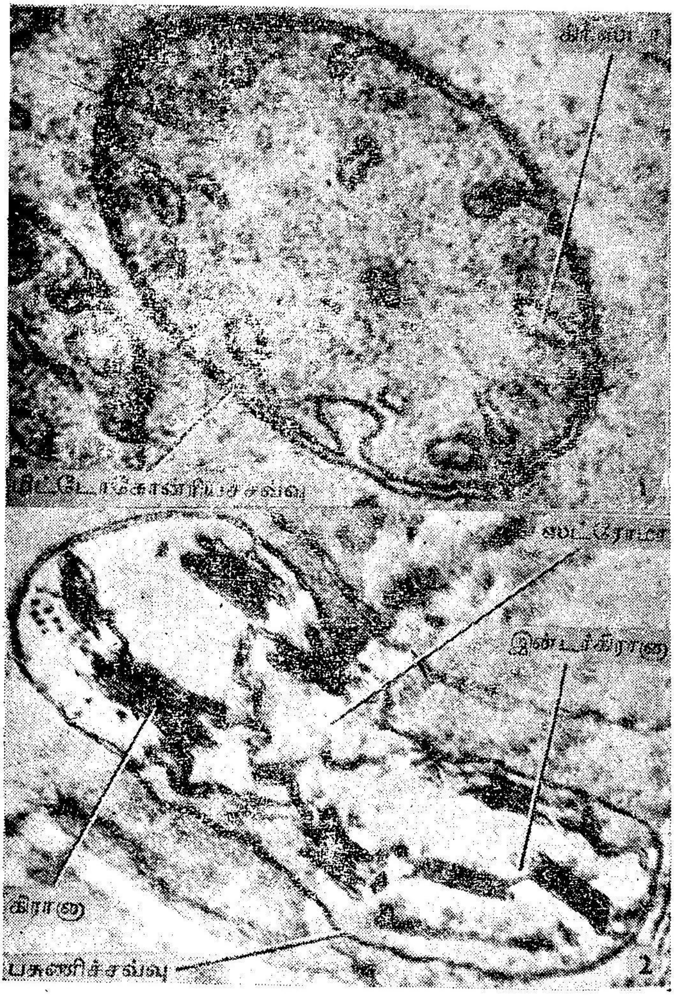
ஒளி நிறத்தை மட்டுமன்றி ஒளியின் பிரகாசத்தைப் பொருத்தும் ஒளிச்சேர்க்கையின் வேகம் மாறுபடக்கூடும். இயற்கையில் கிடைக்கும் சூரிய ஒளியின் பிரகாசம் தாவரங்களின் தேவைக்கு மேற்பட்டதாகும். ஆப்பிள் இலைகளுக்கு இயற்கையான சூரிய ஒளியின் பிரகாசத்தில் மூன்றிலொருபங்கு பிரகாசமே சாதாரணமாக நிகழும் அதிகபட்ச ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் போதுமானதாக இருக்கிறது. ஏற்கெனவே சொன்னபடி சூரிய ஒளியின் முழுப் பிரகாசமும் ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் பயன்படாதபடி கார்பன்டை ஆக்சைடின் செறிவு வரம்பாக அமைகிறது. எனவே கார்பன்டை ஆக்சைடின் செறிவை அதிகரித்தால் இயற்கைச் சூரிய ஒளியில் ஒளிச்சேர்க்கையின் வேகம் வெகுவாக அதிகரிக்கிறது.

ஒரு தாவரம் உயிர் வாழப் போதுமான குறைந்தபட்ச ஒளிப் பிரகாசம் என்னவென்பதைப்பற்றிச் செய்யப்பட்ட சோதனைகளிலிருந்து, இயற்கைச் சூரிய ஒளியில் 6 முதல் 1 சதவீத பிரகாசமே போதுமானதென்று தெரியவந்துள்ளது.

மிக அதிகமான ஒளிப்பிரகாசம் சோலரைசேஷன் (Solarisation) என்னும் ஒரு கிரியையால் ஒளிச்சேர்க்கையை நிறுத்தி விடுகிறது. மிகுந்த பிரகாசத்தால் விளையும் ஒளியாக்சிகரணம் (Photo-oxidation) என்னும் கிரியையே இவ் விளைவுக்குக் காரணமாகிறதென எண்ணப்படுகிறது. ஒளி ஆக்சிடேஷனில், கார்பன்டை ஆக்சைடுக்குப் பதிலாக ஆக்சிஜனே ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் பயன்படுத்தப்பட்டு கார்பன்டை ஆக்சைடு வெளிவிடப்படுகிறது. ஆனால், இது உயிர்ப்பிலிருந்து வேறுபட்டதாகும். ஒளி ஆக்சிடேஷன் சில மணி நேரத்துக்கு மேல் நீடித்தால் தாவரத்தின் பச்சையம் நிறமிழந்து முடிவில் செல்கள் இறந்து போகின்றன. ஆனால், குறுகிய நேர ஒளி ஆக்சிடேஷனால் அதிகத் தீமை விளைவதில்லை.

தண்ணீர்: தாவரம் மண்ணிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ளும் தண்ணீரில் 1 சதவீதத்துக்கும் குறைவானதே ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எனவே ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தண்ணீர்த் தட்டுப்பாடு எப்போதுமே ஏற்படாது. என்றாலும் தாவரம் இயற்கையாகப் பெறும் தண்ணீரினளவு குறைந்தால் அதனால் ஒளிச்சேர்க்கை பாதிக்கப்படலாம். பொதுவாக மண்ணின் வறட்சியால் தாவரத்துக்குத் தேவையான தண்ணீர் கிடைக்காவிட்டால் ஒளிச்சேர்க்கையி னளவு குறைகிறது. இதற்கு முக்கிய காரணங்கள் இரண்டு எனக் கருதப்படுகிறது. 1. தண்ணீர் பற்றுக்குறையால் ஸ்டோமாக்கள் மூடத் தொடங்குகின்றன. இதனால் ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் பெரும்பாலும் வரம்பாகும் கார்பன்டை ஆக்சைடு வெளிவளியிலிருந்து இலையினுள் ஊடுபரவுவது குறைந்து ஒளிச்சேர்க்கையின் வேகம் குறைகிறது. 2. தண்ணீர் பற்றுக்குறையால் இலையின் மீசோபில் செல்களின் புரொட்டோபிளாசத்துக்கும் அதிலடங்கிய பசுணிகளுக்கும் அவை திறம்படச் செயல்புரியப் போதுமான தண்ணீர் கிடைக்காமற் போவதால் ஒளிச்சேர்க்கையின் வேகம் குறைகிறது.

பச்சையம்: மீசோபில் செல்களிலுள்ள பசுணிகளில் பச்சையம் அடங்கியிருக்கிறது. எனவே ஒளிச்சேர்க்கை நிகழுமிடம் பசுணிகளேயாகும். பசுணிகள் மிகச் சிக்கலான அமைப்பை உடையனவாகும் (படம் 42). அவற்றில் ஸ்ட்ரோமா (Stroma), கிரானு (Grana) என்ற இரண்டு பகுதிகளிருக்கின்றன. கிரானு என்பவை தட்டையான தடுக்குகள் போன்று ஸ்ட்ரோமாவினுள் அடுக்கப்பட்டுள்ளன. கிரானுக்களில் குறிப்பிட்ட வட்டவடிவமான இடங்களில் பச்சையம் அடங்கியிருக்கிறது. ஸ்ட்ரோமா, கிரானு இரண்டுமே இருபடலங்களாலான ஒரு பொதுவான சவ்வால் பொதியப்பட்டுள்ளன.



படம் 42.

எலக்ட்ரான் மைக்கிராஸ் கோப்பில் காணப்படும் மிட்டோ கோன்ரியம், பசுணி ஆகியவற்றின் நுண்ணமைப்பு.

(1) மிட்டோகோன்ரியம்—பெருக்கம் 30,000.

(4) பசுணி—பெருக்கம் 40,000.

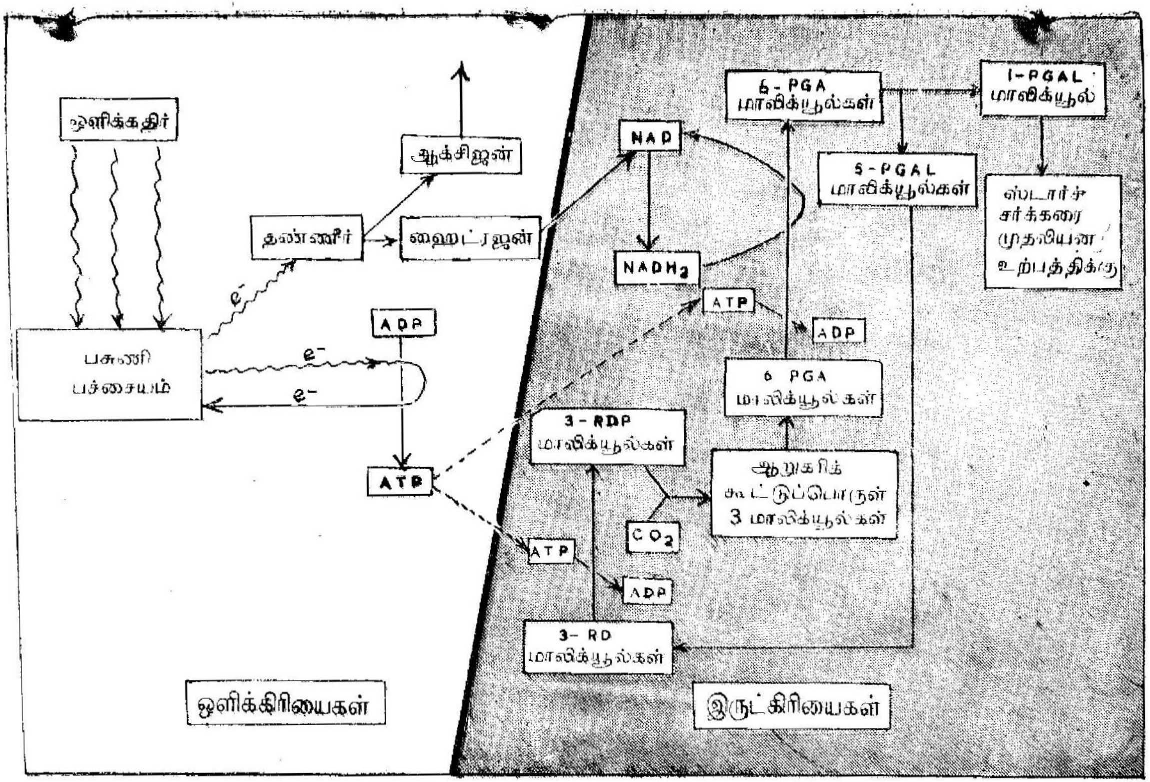
பசுணியில் பச்சையத்தைத் தவிர, கரோட்டினொய்டுகள் (Carotinoids) எனப்படும் பல நிறப் பொருள்கள் காணப்படுகின்றன. இவை மஞ்சள், சிகப்பு, நீலம் முதலிய நிறங்களை உடையன.

அநேகமாக எல்லாத் தாவரங்களிலும் பச்சையம் இரு வகையானதாக உள்ளது. ஒன்று பச்சையம் A என்பது. மற்றொன்று பச்சையம் B என்பது. இவை தவிரப் பச்சையம் C என்பதும் சில பாசி இனங்களில் காணப்படுகிறது. பச்சையம் A யும், பச்சையம் B யும் தண்ணீரில் கரையாதவை. ஆனால், எதைல் ஆல்கஹால் (Ethyl-Alcohol), எதைல் ஈதர் (Ethyl ether), ஆசிடோன் (Acotone), குளோரோபாரம் (Chloroform), கார்பன்டைசல்பைடு (Carbondi-Sulphide) முதலிய திரவங்களில் கரையக்கூடியவை. பச்சையம் கரைந்த ஆல்கஹால் மின்னொளிரக் (Fluoresce) கூடியது. மின்னொளிர்வு (Fluorescence) என்பது ஒரு பொருள் குறிப்பிட்ட அலை நீளமுள்ள ஒளியைக் கவர்ந்து வேறு அலை நீளமான ஒளியாக வெளிவீசுவதாகும். பச்சையம் A இரத்தச் சிகப்பான மின்னொளிர்வையும், பச்சையம் B பழுப்புச் சிகப்பான மின்னொளிர்வையும் காட்டுகின்றன. பச்சையம் A யின் வேதிச் சூத்திரம் $C_{55} H_{72} O_5 N_4 Mg$ என்பது. பச்சையம் B, $C_{55} H_{70} O_6 N_4 Mg$ என்பதாகும்.

ஒளிச்சேர்க்கையின் வேதிக்கிரியைகள்: ஒளிச்சேர்க்கையின் போது நிகழும் சிக்கலான வேதிமாற்றங்களனைத்தும் இன்னும் தெளிவாக அறியப்படவில்லையெனினும் சமீப கால ஆராய்ச்சியின் பயனாக அறியப்பட்டுள்ள நுணுக்கங்களை இங்குச் சுருக்கமாகப் பார்ப்போம்.

ஒளிச்சேர்க்கையில் நிகழும் முக்கிய வேதிக் கிரியைகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன (படம் 43). ஒவ்வொரு மாற்றமும் ஒரு தனிப்பட்ட நொதியின் (Enzyme) உதவியால் நடைபெறுகிறதென்பது படத்தில் குறிக்கப்படவில்லையாயினும் உண்மையில் நொதிகளே இக்கிரியைகள் யாவும் நிகழ ஏதுவாகின்றன. சோதனைச்சாலையில் சாத்தியமாகாத ஒளிச்சேர்க்கை தாவரங்களில் நிகழுவதற்கு முக்கியமான ஏது பலதிறப்பட்ட நொதிகளேயாகும்.

ஒளிச்சேர்க்கையின் மொத்த வேதிக்கிரியைகளை ஒளிக்கிரியைகள் (Light reactions), இருட்கிரியைகள் (Dark reactions) என இரு பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். ஒளிக்கிரியைகள் நிகழ ஒளி அத்தியாவசியமாதலால் அவை ஒளியுள்ளபோது மட்டுமே நிகழக்கூடும். இருட்கிரியைகள் நிகழ ஒளி அவசியமில்லையாகையால் அவை ஒளியையோ இருளையோ அனுசரியாது எந்நேரமும் நிகழக்கூடும். ஆனால், இருட்கிரியைகள் நிகழத் தேவையான சக்தி ஒளிக்கிரியைகளிலிருந்து பெறப்படுவதால், ஒளிக்கிரியைகளின்றி இருட்கிரியைகள்மட்டும் தொடர்ந்து நடைபெற முடியாது.



படம் 43. ஒளிச்சேர்க்கையில் நிகழும் வேதிய மாற்றங்களின் போக்கு.

ஒளிக்கிரியைகள்: ஒளியைப் பச்சையம் கிரகிக்கும்போது பச்சையத்தின் மாலிக்யூல்கள் உயர்சக்திக்கு உந்தப்படுகின்றன. அதனால் அம்மாலிக்யூல்களிலிருந்து சக்தி பெற்ற எலெக்ட்ரான்கள் (Electrons) வெளிப்படுகின்றன. இவ் வெலெக்ட்ரான்களில் ஒரு பகுதி தண்ணீர் மாலிக்யூலை ஹைட்ரஜன் அயனிகளாகவும் ஆக்சிஜனாகவும் பிரிக்கின்றன. ஆக்சிஜனானது வாயுவாக வெளியேறுகிறது. ஹைட்ரஜன் அயனிகளோடு நிகோட்டினமைடு அடினின் டைநியூக்ளியோடைடு (Nicotinamide adenine dinucleotide—NAD) என்னும் பொருள் சேர்ந்து $NADH_2$ வாக மாறுகிறது. $NADH_2$ விலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் இருட்கிரியையில் ஃபாஸ்பரஸ் வேதி மாற்றமொன்றை நிகழ்த்துகின்றன. பச்சையத்துக்கு மீண்டும் திரும்புவதில்லை. எனவே இப்பகுதி எலெக்ட்ரானின் கதி சுழலா ஃபாஸ் ஃபாரிலேஷன் (Noncyclic phosphorylation) எனப்படும்.

பச்சையத்திலிருந்து சக்தி பெற்று வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் மறு பகுதி தமது சக்தியால் அடினோசைன் டைஃபாஸ்ஃபேட் (ADP) என்னும் பொருளை அடினோசைன் டிரைஃபாஸ்ஃபேட் (ATP) யாக மாற்றிவிட்டுச் சக்தி குறைந்து மீண்டும் பச்சையத்துக்கே திரும்புகின்றன. எனவே இவை மறுபடியும் ஒளிச்சக்தியைப் பெற்றுப் பச்சையத்திலிருந்து வெளிப்பட்டுச்செல்லப் பயன்படக்கூடும். இவ்வாறு பச்சையத்திலிருந்து புறப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் மேற்சொன்ன ஃபாஸ்ஃபரஸ் வேதி மாற்றத்தை நிகழ்த்திவிட்டு மீண்டும் பச்சையத்துக்கே திரும்பிச் சுழன்று வருவதால் இப் பகுதி எலெக்ட்ரான்களின் கதி சுழல் ஃபாஸ் ஃபாரிலேஷன் (Cyclic phosphorylation) எனப்படும்.

மேற்கூறியவற்றிலிருந்து ஒளிக்கிரியைகளின் விளைவாக உண்டாவன. $NADH_2$, ATP ஆகிய இரண்டு உயர்சக்திப் பொருள்கள் என்பது புலனாகும். அதாவது பச்சையத்தால் கிரகிக்கப்படும் ஒளிச் சக்தி இவ் விரண்டிலும் வேதிச் சக்தியாகி நிலவுகிறது.

இருட்கிரியைகள்: பசுணிகளிலிருக்கும் ரைபுலோஸ் ஃபாஸ் ஃபேட் (Ribulose phosphate-RP) என்னும் பொருள் ADP யின் சக்தியால் ரைபுலோஸ் டைபாஸ்பேட் (Ribulose-di-phosphate-RDP) ஆக மாறுகிறது. அப்போது சக்திமிக்க ATP குறைந்த சக்தியுடைய ADP யாக மாறுகிறது. RDP யானது கார்பன்டை ஆக்சைடோடு சேர்ந்து ஆறு கரி அணுக்களைக் கொண்ட ஒரு நிலையா நிலைப் (Unstable) பொருளாக மாறுகிறது. இது உடனே பாஸ்போகிளிசரிக் ஆசிடாக (PGA) மாறுகிறது. இது ATP யின் சக்தியையும் $NADH_2$

வின் சக்தியையும் பயன்படுத்தி பாஸ்போகிளிசரால்டிஹைடாக (PGA_2) மாறுகிறது. இம்மாற்றத்தின்போது ATP யானது ADP யாகவும், $NADH_2$ ஆனது NAD யாகவும் மாறுகின்றன. PGAL மாலிக்யூல்களில் ஆறில் ஐந்து பங்கு மறுபடியும் ரைபுலோஸ் பாஸ்பேட் (RP) ஆக மாறுகிறது. மீதியுள்ள ஒரு பங்கு சர்க்கரை, ஸ்டார்ச் முதலிய பொருள்களாக மாறவோ அல்லது வேறு உயிர்க் கிரியைகளுக்கோ பயன்படுகிறது. எனவே இந்த 6 ல் ஒரு பங்கு PGAL தான் ஒளிச்சேர்க்கையின் முடிவில் தோன்றும் நிகர வுற்பத்தியாகும்.

மேற்கூறியவற்றில் கவனிக்க வேண்டிய முக்கிய அம்சம் என்ன வென்றால் NAD, ATP, RP ஆகியவை வேதி மாற்றங்களை நிகழ்த்தி விட்டு மீண்டும் திருப்பியுற்பத்தியாவதால் இவை சிறிதளவு இருந்தாலும் பெருமளவு ஒளிச்சேர்க்கையைத் தொடர்ந்து இயக்குவிக்கக் கூடும் என்பதாகும்.

7. உயிர்ப்பு

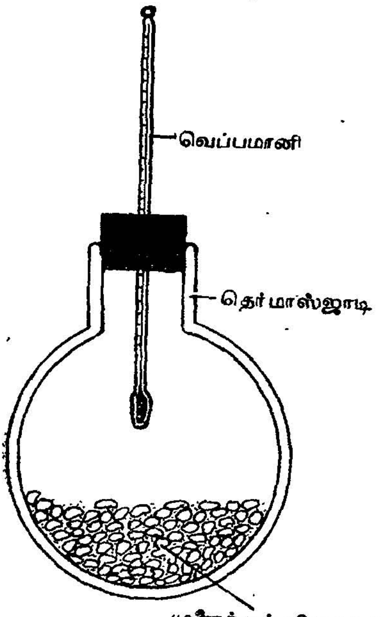
உயிர்கள் யாவும் உயிரோடு இருப்பதற்கு அவை இடைவிடாது உயிர்க்க வேண்டிய தவசியமாகும். உயிர்ப்பின் மொத்த நிகழ்ச்சி பெரும்பாலும் கார்போஹைட்ரேட்டும் ஆக்சிஜனும் சேர்ந்து கார்பன்டை ஆக்சைடாகவும், தண்ணீராகவும் மாறும் ஆக்சீகரணமேயாகும். இதன் வேதிச் சூத்திரம்

$$C_6H_{12}O_6+6O_2 \longrightarrow 6CO_2+6H_2O+673 \text{ kg.cal.}$$

இது ஒளிச் சேர்க்கைக்கு நேர் எதிரான கிரியை என்பது சூத்திரத்திலிருந்து விளங்கும். அதாவது ஒளிச்சேர்க்கையின் போது கிரகிக்கப்படும் ஒளிச்சக்தி உயிர்ப்பின்போது வெளிப்பட்டு உயிர்களின் உயிர்க்கிரியைகளனைத்தையும் நடத்தப் பயன்படுகிறது.

உயிர்ப்பில் சக்தி வெளிப்படுகிற தென்பதை ஒரு சோதனையின் மூலம் காணலாம் (படம் 44). தண்ணீரில் ஊற வைத்து முளைக்கத் தொடங்கிய சில விதைகளை ஒரு தெர்மாஸ் ஜாடியில் போட்டு அதை ஒற்றைத் துளையுள்ள ஒரு கார்க்கால் மூடி அத் துளைவழியாக ஒரு வெப்பமானியை நுழைத்துவைக்கவேண்டும். நேரம் செல்லச் செல்ல ஜாடியினுள் வெப்பம் அதிகரிப்பதை வெப்பமானியில் காணலாம். எல்லாவிதமான சக்தி மாற்றங்களிலும், சக்தி

வெளிப்பாடுகளிலும் வெப்பச் சக்தி நிச்சயம் தோன்றுமாதலால், ஜாடிக்குள் சக்தி வெளிப்பாடும், சக்தி மாற்றமும் நிகழுகிற தென்பது புலனுகிறது. இவை ஜாடிக்குள்ளிருக்கும் விதைகள் முளைக்கும் போது அவற்றின் உயிர்ப்பால் ஏற்படுவதாகும்.



படம் 44.

உயிர்ப்பில் வெப்பமுண்டாதலைக் காணும் சோதனை.

உயிர்ப்பதற்கு அவசியமான ஆக்சிஜன் பெரும்பாலும் வெளி வளியிலிருந்தே பெறப்படுகிறது. வெளிவளியின் ஆக்சிஜனை உபயோகித்து நிகழும் உயிர்ப்பு வளியுயிர்ப்பு (Aeroluic respiration) எனப்படும். ஆனால், சில சமயங்களில் வெளிவளியின் ஆக்சிஜன் பங்கு பெருமலே உயிர்ப்பும், சக்தி வெளிப்பாடும் நிகழக்கூடும். இது வளியறுயிர்ப்பு (Anaeroluic respiration) எனப்படும். ஆனல், பொதுவாக உயிர்ப்பு என்பது வளியுயிர்ப்பையே குறிப்பதாகும். வளியறுயிர்ப்பானது நொதிப்பு (Fermentation) என்றும் சொல்லப்படும். ஆக்சிஜன் வாயுவின்றி வளியுயிர்ப்பு நிகழாது. ஆனல், வழியறுயிர்ப்போ ஆக்சிஜன் வாயு இல்லாதபோதும் உள்ள போதும் நிகழக்கூடும்.

உயிர்ப்பினல் கார்பன்டை ஆக்சைடு வெளிப்படுவதை ஒரு சோதனை மூல மறியலாம். அகண்ட சோதனைக் குழாயொன்றில் கொஞ்சம் சுண்ணும்புத் தெளிவை ஊற்றிக் குலுக்கிப் பார்த்தால் அது தெளிவாகவே இருப்பதைப் பார்க்கலாம். அதே குழாயில் ஒரு வலைக்கம்பியை நடுமட்டத்தில் நிற்குமாறு பொருத்தி அவ் வலையின் மேல் முளைக்கும் விதைகளையோ அல்லது மலரும் மொக்குகளையோ போட்டுக் கார்க்கால் காற்றுப் புகாதபடி மூடிவிட வேண்டும். சில மணி நேரங்கழித்து அடியிலிருக்கும் சுண்ணும்புத் தெளிவை மெது

வாகக் குலுக்கினால் அது உடனே வெண்ணிறமாக மாறுவதைக் காணலாம். சுண்ணாம்புத் தெளிவு கார்பன்டை ஆக்சைடை எடுத்துக் கொண்டு வெண்ணிறமாக மாறுவது கார்பன்டை ஆக்சைடு இருப்பதை அறியப் பயன்படும் சோதனையாகும். எனவே முளைக்கும் விதைகளும், மலரும் மொக்குகளும் உயிர்ப்பால் கார்பன்டை ஆக்சைடை வெளிவிடுகின்றன என்று தெரிகிறது.

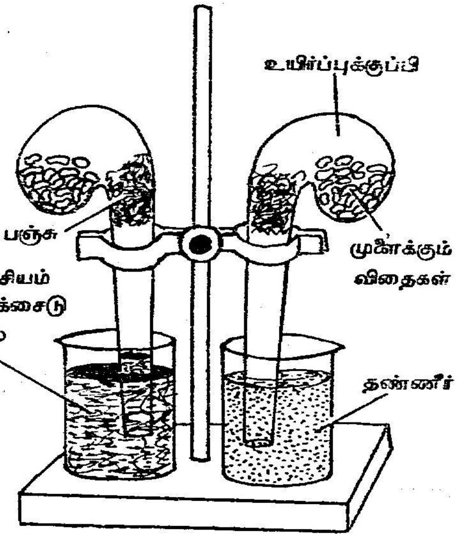
தாவரங்களின் உயிர்ப்பைப்பற்றிச் செய்யப்படும் சோதனைகள் பச்சை நிறமற்ற பாகங்களைக் கொண்டே செய்யப்பட வேண்டும். ஏனென்றால் பச்சை நிறமான பாகங்கள் வெளிச்சத்துக்கு இலக்காகும்போது அவற்றில் உயிர்ப்பு மட்டுமன்றி ஒளிச்சேர்க்கையும் நிகழுகிறது. ஒளிச்சேர்க்கை உயிர்ப்புக்கு நேர் எதிரான கிரியையாகும். உயிர்ப்பில் வெளிப்படும் கார்பன்டை ஆக்சைடு ஒளிச்சேர்க்கைக்கு உபயோகப்படுகிறது. நல்ல வெளிச்சம் இருக்கும்போது தாவரங்களின் பசுமையான பாகங்களில் பொதுவாக உயிர்ப்பைவிட ஒளிச்சேர்க்கை வேகமாக நிகழுவதால் உயிர்ப்பு நிகழுவதாகவே தெரியாது. ஆனால், பச்சை நிறமான பாகங்களின் மேல் வெளிச்சம் படாவண்ணம் கறுப்புக் காகிதம் அல்லது மற்றச் சாதனங்களால் தடுத்தால் அவற்றில் ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறாமல் உயிர்ப்பு மட்டுமே நிகழும்.

உயிர்ப்பு உயிரோடிருக்கும் செல்களில் இடைவிடாது நடைபெற வேண்டிய அத்தியாவசிய நிகழ்ச்சியாகும். உயிர்ப்பு நடைபெறாவிட்டால் செல்கள் இறந்துபடும். ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறும் பாகங்களில் உயிர்ப்பு நிகழாததுபோல் தோன்றினாலும் உண்மையில் அவற்றிலும் ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறும். அதே சமயத்தில் உயிர்ப்பும் நிகழ்ந்துகொண்டேயிருக்கிறது.

உயிர்ப்பால் வெளிப்படும் கார்பன்டை ஆக்சைடை ஒளிச்சேர்க்கைக்கும் ஒளிச்சேர்க்கையால் வெளிப்படும் ஆக்சிஜனை உயிர்ப்புக்கும் தாவரம் பயன்படுத்த முடியும். எனவே இவ்விரண்டு கிரியைகளில் எது வேகமாக நடைபெறுகிறதோ அதுவே வெளியில் தெரியும். உயிர்ப்பும் ஒளிச்சேர்க்கையும் ஒரே வேகத்தில் நடைபெற்றால் ஒன்றுக்கொன்று ஈடுகொடுத்து ஆக்சிஜனோ கார்பன்டை ஆக்சைடோ வெளிப்படாத நிலை ஏற்படும். இது ஈடுநிலை (Compensation point) எனப்படும்.

உயிர்ப்பின்போது எவ்வளவு கார்பன்டை ஆக்சைடு எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறதோ அவ்வளவு ஆக்சிஜன் வெளிப்படுகிறது என்பதை ஒரு சோதனையால் அறியலாம். உயிர்ப்புக்குப்பி (Respiroscope),

உயிர்ப்பு மணி (Respirometer) ஆகிய சாதனங்களைக் கொண்டு, இச்சோதனையைச் செய்யலாம். உயிர்ப்புக் குப்பி என்பது (படம் 45) மூடிய நுனியில் அகண்டு வளைந்த ஒரு கண்ணாடிக் குழாயாகும். இரண்டு உயிர்ப்புக் குப்பிகளில், முளைக்கும் விதைகள் அல்லது மலர் மொக்குகளை வளைந்தகன்ற பாகத்தில் போட்டு நிரப்ப வேண்டும். குப்பியைத் தலைகீழாகக் கவிழ்த்தாலும் உள்ளேயிருக்கும் விதைகளோ, மொக்குகளோ விழாதபடி பஞ்சால்



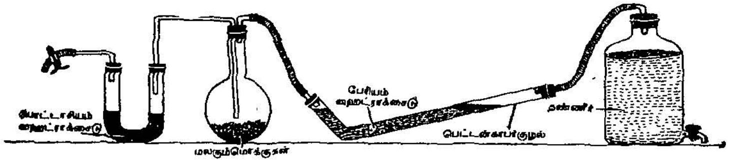
படம் 45.
உயிர்ப்புக்குப்பி சோதனை

அடைத்து, ஒரு குப்பியின் திறந்த நுனி தண்ணீரிலும், மற்றக் குப்பியின் நுனி பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு கரைசலிலும் மூழ்கியிருக்குமாறு பொருத்தி நிறுத்த வேண்டும். நேரம் செல்லச் செல்ல, பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு கரைசலில் நுனி மூழ்கியிருக்கும் குப்பியினுள் கரைசல் மேலேறத் தொடங்குகிறது. ஆனல், சுமார் 5ல் ஒரு பங்கு உயரம் ஏறிய பிறகு நின்றுவிடுகிறது. மற்ருெரு குப்பியில் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது. இதிலிருந்து தெரிவதாவது :

உயிர்ப்பால் வெளிப்படும் கார்பன்டை ஆக்சைடைப் பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு கரைசல் உறிஞ்சிக் கொள்ளுவதால் அதை நிரப்பக் குப்பியினுள் கரைசல் ஏறுகிறது. காற்றில் 5ல் ஒரு பங்கு

ஆக்சிஜன் மட்டும் இருக்கிறது. அதை எடுத்துக்கொண்டு உயிர்ப்பால் அதே அளவு கார்பன்டை ஆக்சைடை வெளிவிடுவதால் ஐந்தில் ஒரு பங்கு உயரத்துக்கு மட்டும் கரைசல் ஏறிப் பிறகு நின்று விடுகிறது. மற்று குப்பியில் ஆக்சிஜனுக்குச் சமமான அளவு கார்பன்டை ஆக்சைடு வெளிவிடப்படுவதால் தண்ணீர் மட்டத்தில் யாதொரு மாற்றமும் ஏற்படுவதில்லை.

உயிர்ப்பால் வெளிப்படும் கார்பன்டை ஆக்சைடின் அளவு உயிர்ப்பின் அளவைக் குறிப்பதாகும். கார்பன்டை ஆக்சைடின் அளவைப் பெட்டன்காபர் குழல் (Pettenkoffer tube), வார்பர்க் கருவி (Warburg apparatus) முதலியவைகளால் துல்லியமாக நிர்ணயிக்கலாம். பெட்டன்காபர் குழலென்பது (படம் 46) ஒரு நுனியில் வளைந்த நீண்ட குழலாகும். இக் குழலில் பேரியம் ஹைட்



படம் 46.

பெட்டன் காபர் சோதனை.

ராக்சைடு கரைசலை எடுத்துக்கொண்டு குறுகிய முனையில் உயிர்க்கும் பொருளடங்கிய குப்பியையும், நீண்ட முனையில் காற்றை உள்ளிழுக்கும் ஆஸ்பிரேட்டரையும் கார்க்குகளால் இணைக்க வேண்டும். உயிர்ப்புக்குப்பியை இரட்டைத் துளையுள்ள கார்க்கால் மூடி, ஒரு துளையின் வழியாக மேற்சொன்னபடி பெட்டன்காபர் குழலோடும், மற்றொரு துளைவழியாகப் பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு உள்ள ஒரு Uவளை குழலையும் இணைக்க வேண்டும்.

ஆஸ்பிரேட்டரால் காற்றை உள்ளிழுத்தால், வெளிக்காற்றானது பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடுள்ள வளைகுழல் வழியாக உட்புகுந்து, உயிர்ப்புக் குப்பியினுட் சென்று பிறகு பெட்டன்காபர் குழலிலிருக்கும் பேரியம் ஹைட்ராக்சைடு வழியாகக் குமிழிடும். உட்புகும் காற்றிலிருக்கும் கார்பன்டை ஆக்சைடைப் பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு எடுத்துக்கொள்ளுகிறது. பிறகு காற்று உயிர்ப்புக் குப்பியினுள் வெளிப்படும் கார்பன்டை ஆக்சைடை எடுத்துக்கொண்டு பேரியம் ஹைட்ராக்சைடு வழியாகக் குமிழிடும்போது பேரியம்

ஹைட்ராக்சோடு கார்பன்டை ஆக்சைடு சேர்ந்து பேரியம் கார்பனேட் உண்டாகிறது. பேரியம் கார்பனேட் நீரில் கரையாதா கையால் மண்டியாகப் படிகிறது.

$$2BA(OH)_2+CO_2 \longrightarrow BA_2CO_3+H_2O$$

ஆஸ்பிரேட்டரில் நீரொழுக்கைக் கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம் காற்றுக் குமிழிடும் வேகத்தை நெறிப்படுத்தலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரம் காற்றுக் குமிழிட்ட பிறகு, குழலிலுள்ள கரைசலில் மீதியிருக்கும் பேரியம் ஹைட்ராக்சைடையோ அல்லது உண்டான பேரியம் கார்பனேட்டையோ தகுந்த சோதனைகள் மூலம் துல்லியமாக நிர்ணயிக்கலாம். அதிலிருந்து உயிர்ப்பால் வெளிப்பட்ட கார்பன்டை ஆக்சைடின் அளவைக் கணக்கிட்டறியலாம்.

உயிர்ப்பு விகிதம் : உயிர்ப்பின்போது வெளிவிடப்படும் கார்பன்டை ஆக்சைடுக்கும் எடுத்துக்கொள்ளப்படும் ஆக்கிஜனுக்கும் உள்ள விகிதம் உயிர்ப்பு விகிதம் (Aespiratory quotient) எனப்படும்.

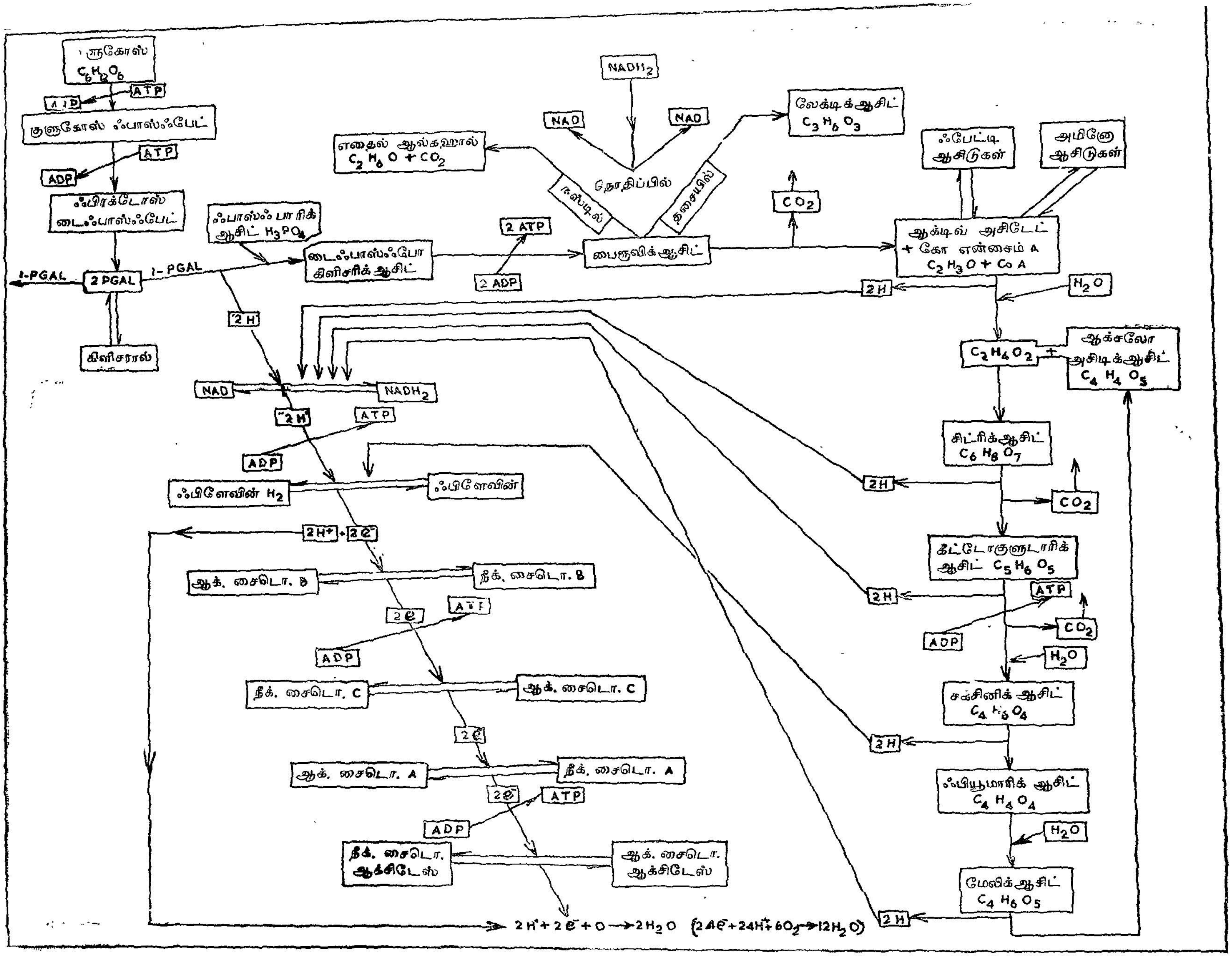
$$\frac{\text{கார்பன்டை ஆக்சைடு}}{\text{ஆக்கிஜன்}} = \text{உயிர்ப்பு விகிதம்.}$$

ஆறு கரியணுக்களையுடைய சர்க்கரை உயிர்க்கப்படும்போது உயிர்ப்பு விகிதம் 1 ஆகும். ஆனல், மற்றப் பொருள்க்ள் உயிர்க்கப்படும் போது உயிர்ப்பு விகிதம் 1க்கும் குறைகிறது. ஆகவே சேமிப்பு உணவின் பெரும்பகுதி கார்போஹைட்ரேட்டாகவுள்ள விதைகளின் (கோதுமை, அரிசி, சோளம்) உயிர்ப்பு விகிதம் ஏறக்குறைய 1 ஆக இருக்கிறது. ஆனல், எண்ணெய்ப்பொருள்களைச் சேமித்துள்ளவிதைகளின் (ஆமணக்கு, எள்) உயிர்ப்பு விகிதம் 1க்கும் குறைவாகிறது. அதாவது அவை எடுத்துக்கொள்ளும் ஆக்சிஜனைவிடக் குறைவான கார்பன்டை ஆக்சைடை வெளிவிடுகின்றன. டிரைபால்மிடின் (Tripalmitin) என்னும் கொழுப்புப் பொருளின் மொத்த உயிர்ப்புச் சூத்திரம்.

$$C_{51}H_{98}O_6+72{\cdot}5O_2 \longrightarrow 51CO_2+49H_2O+7590$$

கிகி காலரி (சுமார்)

எண்ணெய்கள், புரொட்டீன்கள் முதலியன நீரில் கரையாதவையாதலால் அவை நேரடியாக ஆக்சீகரிகப்படுவதில்லை. முதலில் அவை நீர்தவிர்ப்பால் (Hydrolysis) ஆசிடுகளாக மாற்றப்பட்டு அந்த ஆசிடுகள் பல படிகளில் ஆக்சீகரிக்கப்படுகின்றன.



படம் 47. உயிர்ப்பில் நிகழும் வேதிய மாற்றங்களின் போக்கு. ஆக்.சைடொ.—ஆக்சிகரிக்கப்பட்ட சைடொகுரோம்.

நீக்.சைடொ.—நீக்கரண மடைந்த சைடொகுரோம். PGAL—ஃபாஸ்போ கிளிசரால்டி ஹைடு.

சில ஆசிடுகள் ஆக்சீகரிக்கப்படும்போது உயிர்ப்பு விகிதம் ஒன்றுக்கும் மேற்படுகிறது. ஆக்சாலிக் ஆசிட் ஆக்சீகரணமடையும் சூத்திரம்

$$2COOH + O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 2H_2O + 60{\cdot}2 \text{ கிகி. காலரி}$$

இதில் உயிர்ப்பு விகிதம் 4 ஆகிறது.

உயிர்ப்பின் வேதிய மாற்றங்கள் : ஒளிச் சேர்க்கையைப் போலவே உயிர்ப்பும் ஒரே படியில் நிகழாமல் பல படிகளில் நிகழும் சிக்கலான கிரியையாகும் (படங்கள் 47,48). இதிலும் ஒவ்வொரு படியும் நிகழ ஒரு நொதி தேவைப்படுகிறது.

வளியுயிர்ப்பில் நடைபெறும் மாற்றங்களை இருபெரும் பிரிவு களாகப் பிரிக்கலாம் :

1. கார்போ ஹைட்ரேட்டானது பைருவிக் ஆசிடாக (Pyruvic acid) மாற்றப்படுவது. இது கிளைகாலிசிஸ் (Glycolysis) எனப்படும்.

2. பைருவிக் ஆசிடானது கார்பன்டை ஆக்சைடாகவும் தண்ணீராகவும் மாற்றப்படுவது.

இவற்றில் முதற்படியானது வளியுயிர்ப்பில் மட்டுமன்றி, வளி யறுயிர்ப்பிலும் நிகழுவதாகும். இதற்கு ஆக்சிஜன் வாயு தேவை யில்லை. இரண்டாவது படி வளியுயிர்ப்பில்மட்டும் நடைபெறுகிறது. வளியறுயிர்ப்பில் பைருவிக் ஆசிடானது கார்பன்டை ஆக்சை டாகவும், தண்ணீராகவும் மாறுவதற்குப் பதிலாக அசிடிக் ஆசிட் அல்லது ஆல்கஹாலாக மாறுகிறது.

கிளைகாலிசிஸ் : குளுகோசில் அதிக சக்தி அடங்கி யிருந்தாலும் தானாக அது சக்தியை வெளிப்படுத்த முடியாது. குளுகோசைச் சூடுபடுத்தினால், குறிப்பிட்ட வெப்பத்தை யடைந்ததும் அது காற்றிலிருக்கும் ஆக்சிஜனோடு சேர்ந்து ஆக்சீகரணத்தால் எரிந்து வெப்பச் சக்தியை வெளிப்படுத்துகிறது. முடிவில் கார்பன்டை ஆக்சைடாகவும், தண்ணீராகவும் மாறுகிறது. ஆனால், சூடுபடுத்தா விட்டால் தேவையான ஆக்சிஜன் இருந்தாலும் ஆக்சீகரண மடைந்து சக்தியை வெளிப்படுத்த முடியாது. எனவே குளுகோஸ் தனது சக்தியை வெளிப்படுத்த வேண்டுமென்றால் முதலில் அதற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வெப்பச் சக்தியைக் கொடுத்து அதன் வெப்ப நிலையை உயர்த்த வேண்டும். இதே போல் வெடிமருந்தி லுள்ள சக்தி வெளிப்பட வேண்டுமென்றாலும், முதலில் அதற்கு ஒரு

குறிப்பிட்ட அளவு வெப்பச் சக்தியை அளிக்க வேண்டும். இவ்வாறு பொருள்களிலுள்ள சக்தியை வெளிப்படுத்த முதலில் அவற்றிற்கு அளிக்கப்பட வேண்டிய சக்தி உந்து சக்தி (Activation energy) எனப்படும்.

செல்களில் வெப்பச்சக்திக்குப் பதிலாக நொதிகளினுதவியால் ATP யிலுள்ள வேதியச் சக்தி குளுகோசுக்கு உந்து சக்தியாக அளிக்கப்படுகிறது.

முதலில் ATPயின் சக்தியால் குளுகோசானது குளுகோஸ் ஃபாஸ் ஃபேட்டாக மாறுகிறது; ATP யானது ADP யாக மாறுகிறது. மறுபடியும் ATPயின் சக்தியால் குளுகோஸ் ஃபாஸ்ஃபேட்டானது பிரக்டோஸ் டை ஃபாஸ்ஃபேட் (Fructose di phosphate) ஆக மாறுகிறது. இவ்வாறு இரண்டு படிகளில் உந்து சக்தியளிக்கப் பட்டுக் குளுகோசிலிருந்து உண்டான ஃபிரக்டோஸ் டை ஃபாஸ் ஃபேட், வேறு நொதிகளினுதவியால் தானுகச் சக்தியை வெளிப் படுத்தத் தொடங்குகிறது.

ஃபிரக்டோஸ் டை ஃபாஸ் ஃபேட் மாலிக்யூல் இரண்டு ஃபாஸ்போ கிளிசரால்டிஹைடு (Phospho glyceraldehyde) மாலிக்யூல் களாகப் பிரிகிறது. அதன் பிறகு இவ் விரண்டு மாலிக்யூல்களும் தனித்தனியாக ஒரே மாதிரியான மாற்றங்களை யடைகின்றன. எனவே இனி அவற்றில் ஒன்றின் மாற்றங்களைமட்டும் கவனிப்போம்.

ஃபாஸ்ஃபோ கிளிசரால்டிஹைடு இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களை (ஒரு மாலிக்யூல்) NADக்குக் கொடுத்த பிறகு ஃபாஸ் ஃபாரிக் ஆசிடோடு சேர்ந்து டைஃபாஸ்ஃபோ கிளிசரிக் ஆசிடாக மாறுகிறது; ஹைட்ரஜன் அணுக்களைப் பெற்ற NAD யானது $NADH_2$ ஆக மாறுகிறது.

NAD யிலிருந்து $NADH_2$ உண்டாவது உயிர்ப்புவேதி மாற்றங் களில் ஒரு மிக முக்கிய நிகழ்ச்சியாகும். ஏனென்றால் குளுகோசி னுடைய சக்தியின் பெரும்பகுதி $NADH_2$ வழியாகத்தான் ATPயை அடைகிறது. ஒரு $NADH_2$ விலிருந்து சைட்டோகுரோம் கிரியை மூலம் மொத்தம் மூன்று ATP மாலிக்யூல்கள் உண்டாகின்றன.

ஒரு ஃபாஸ்ஃபோ கிளிசரால்டிஹைடு மாலிக்யூலிலிருந்து மேற் சொன்ன ஒரு ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூலைத்தவிர, இன்னும் ஐந்து ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூல்கள் தொடர்ந்து வெளிப்பட்டு, ஒவ்வொரு ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூலின் மூலமாக ஒரு $NADH_2$ மாலிக்யூல் உண்

டாகிறது. இவ்வாறு இன்னும் ஐந்து ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூல்கள் வெளிப்படும் கிரியைகளின்போது ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூல்களைத் தவிர சில ATP மாலிக்யூல்களும் நேரடியாக உண்டாகின்றன. இக் கிரியைகள் எவை எனப் பார்ப்போம்.

1. டைஃபாஸ்ஃபோ கிளிசரிக் ஆசிடானது பைருவிக் ஆசிடாக (Pyruvic acid) மாறுகிறது. இம் மாற்றத்தின்போது இரண்டு ATP மாலிக்யூல்களுண்டாகின்றன. பைருவிக் ஆசிட் ஒரு கார்பன் டை ஆக்சைடு மாலிக்யூலை இழந்து C_2H_2O வாக மாறுகிறது. இது கூட்டுநொதி A (Co enzyme A) வோடு சேர்ந்து ஆக்டிவ் அசிடேட் (Active acetate) ஆக மாறுகிறது. ஆக்டிவ் அசிடேட்டானது ஒரு தண்ணீர் மாலிக்யூலோடு சேர்ந்து, ஒரு ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூலை இழந்து $C_2H_2O_2$ ஆக மாறுகிறது.

2. $C_2H_2O_2$ வானது ஆக்சலோ ஆசிடிக் ஆசிடோடு (Oxalo acetic acid) சேர்ந்து சிட்ரிக் ஆசிட் (Citric acid) ஆகிறது. இது ஒரு கார்பன்டை ஆக்சைடு மாலிக்யூலையும் ஒரு ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூலையும் இழந்து α கீட்டோ குளூடாரிக் ஆசிட் (α glutaric acid) ஆகிறது

3. α கீட்டோ குளூடாரிக் ஆசிடானது ஒரு CO_2 மாலிக்யூலையும் ஒரு ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூலையும் இழந்து சக்சினிக் ஆசிட் (Succinic acid) ஆகிறது. இக்கிரியையின் போது நேரடியாக ஒரு ATP மாலிக்யூலும் உண்டாகிறது.

4. சக்சினிக் ஆசிட் ஒரு தண்ணீர் மாலிக்யூலோடு சேர்ந்து ஒரு ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூலை இழந்து பியூமாரிக் (Fumaric) ஆசிடாகிறது.

5. பியூமாரிக் ஆசிடானது ஒரு தண்ணீர் மாலிக்யூலோடு சேர்ந்து, ஒரு ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூலை இழந்து மாலிக் ஆசிட் (Malic acid)ஆகிறது. மாலிக் ஆசிடானது பிறகு ஆக்சலோ அசிடிக் ஆசிடாக மாறி மறுபடியும் இரண்டாம் படியிலிருந்து கிரியைகளைத் தொடங்க ஆதாரமாகிறது. மேற்சொன்ன இரண்டாம் படியிலிருந்து ஐந்தாம் படிவரை நிகழும் கிரியைகள் சிட்ரிக் ஆசிட் சுழல் (Citric acid cycle) அல்லது கிரப் சுழல்(Krbs cycle) எனப்படும்.

மேற்சொன்ன ஐந்து படிகளில் வெளிப்பட்ட ஐந்து ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூல்களில் நான்காவது படியில் வெளிப்படும் மாலிக்யூலைத் தவிர மற்றவை NADயோடு சேர்ந்து நான்கு $NADH_2$ மாலிக்யூல்

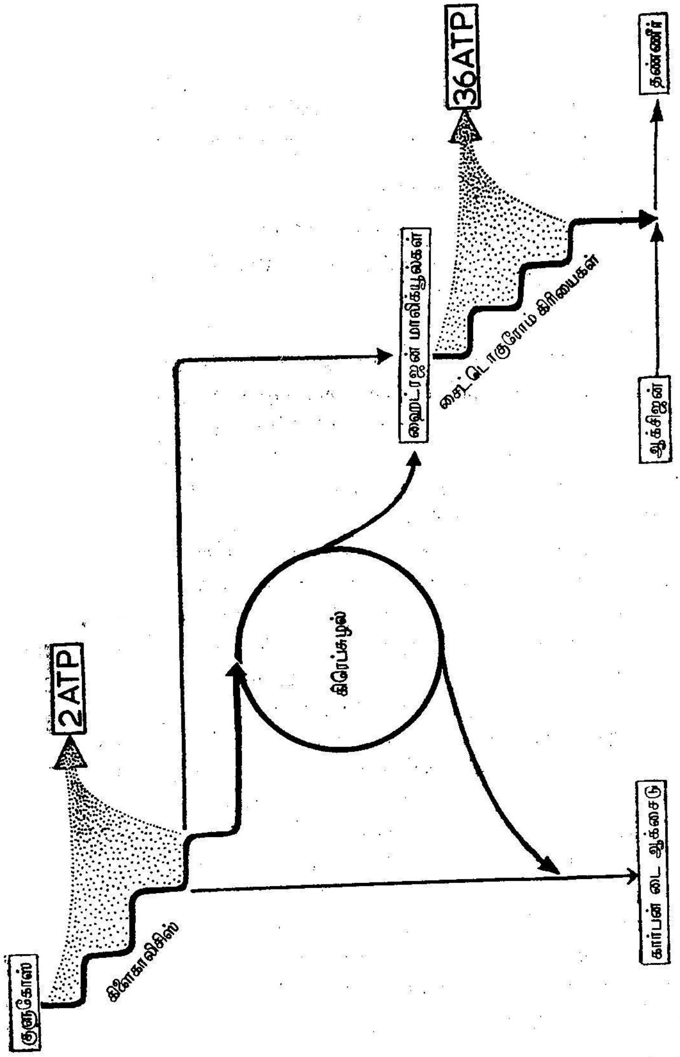
களை உண்டாக்குகின்றன. அதற்கு முன் உண்டான ஒரு $NADH_2$வோடு சேர்ந்து மொத்தம் ஐந்து $NADH_2$ வாகிறது. முன் குறிப்பிட்டபடி ஒவ்வொரு $NADH_2$ விலிருந்து மூன்று ATP மாலிக்யூல்களுண்டாகின்றன. இதற்குக் காரணமான சைட்டோகுரோம் கிரியைக ளைவயெனப் பார்ப்போம்.

1. $NADH_2$ விலிருந்து ஃபிளேவின் (Flavin) என்னும் பொருள் ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூலை எடுத்துக்கொள்ளுகிறது. இதனுல் NADயும் ஹைட்ரஜன் சேர்ந்த ஃபிளேவினும், ஒரு ATP மாலிக்யூலும் உண்டாகிறது.

2. தன்னேடு சேர்ந்த ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூலின் அணுக்களிரண்டையும் இரண்டு ஹைட்ரஜன் அயனிகளாகவும், இரண்டு எலெக்ட்ரான்களாகவும் ஃபிளேவின் மாற்றுகிறது. எலெக்ட்ரான்க ளிரண்டையும் சைட்டோ குரோம் B என்னும் பொருள் எடுத்துக் கொள்ளுவதால் ஹைட்ரஜன் அயனிகள் தனித்து நிற்கின்றன. சைடோகுரோம் Bயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களிரண்டும் சைட்டோகுரோம் Cக்குச் செல்லுகின்றன.அப்போது ஒரு ATP மாலிக்யூல் உண்டாகிறது.

3. சைட்டோகுரோம் Cயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் சைட்டோகுரோம் Aக்குச் செல்லுகின்றன. அதிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் சைட்டோகுரோம் ஆக்சிடேசுக்கு (Cytochrome oxydase) செல்லும்போது ஒரு ATP மாலிக்யூல் உண்டாகிறது. சைட்டோகுரோம் ஆக்சிடேசிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் த்னித்து நிற்கும் ஹைட்ரஜன் அயனிகளோடும, ஆக்சிஜனேடும் சேருவதால் ஒரு தண்ணீர் மாலிக்யூல் உண்டாகிறது.

சிட்ரிக் ஆசிட் சுழலில் வெளிப்படும் ஒரு ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூல்மட்டும் (நான்காவது படியில் வெளிப்படுவது) NADயால் எடுத்துக்கொள்ளப்படாமல் நேரடியாக ஃபிளேவினுல் எடுத்துக்கொள்ளப் படுவதால் அதிலிருந்து இரண்டு ATP மாலிக்யூல்கள் மட்டும் உண்டாகின்றன. எனவே மொத்தம் ஆறு ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூல்கள் மூலம் 17 ATP மாலிக்யூல்கள் உண்டாகின்றன. இத்துடன் சிட்ரிக் ஆசிட் சுழலில் நேரடியாக உண்டாகும் ஒரு ATP மாலிக்யூலையும், டைஃபாஸ்ஃபோ கிளிசரிக் ஆசிடானது பைருவிக் ஆசிடாக மாறும் போது உண்டாகும் இரண்டு ATP மாலிக்யூல்களேயும் சேர்த்தால் மொத்தம் 20 ATP மாலிக்யூல்களாகின்றன. ஒவ்வொரு PGAL மாலிக்யூலிலுமிருந்து 20 ATP மாலிக்யூல்கள் உண்டாவதால் இரண்டு PGAL மாலிக்யூல்களிலிருந்து மொத்தம் 40 ATP மாலிக்யூல்களுண்டாகின்றன. இவற்றில் ஆரம்பத்தில் குளுகோசுக்கு உந்துசக்தி



படம் 48.

உயிர்ப்பில் நிகழும் வேதியக் கிரியைகளின் சுருக்கம்.

யளிக்கச் செலவாகும் இரண்டு ATP மாலிக்யூல்களைக் கழித்தால் நிகர் ATP உற்பத்தி 38 மாலிக்யூல்களாகும் (படம் 48).

எனவே ஒரு குளுகோஸ் மாலிக்யூலின் வளியுயிர்ப்பால் 38 ATP மாலிக்யூல்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. மற்றும் ஆறு CO_2 மாலிக்யூல்களும் ஆறு தண்ணீர் மாலிக்யூல்களும் உண்டாகின்றன.

மொத்தக் கிரியையின் சூத்திரத்தை

$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 + 2ATP \longrightarrow$$
$$6CO_2 + 12H_2O + 40ATP$$

என்று குறிப்பிடலாம்.

மேற்சொன்னவாறு மிகச் சிக்கலான பல மாற்றங்களினால் பல படிகளில் குளுகோஸ் ஆக்சிகரணமடைவதனால், குளுகோசின் சக்தி சிறுகச்சிறுக வெளிப்பட்டு ATPயில் சேர்த்து வைக்கப்படுகிறது. அப்படியில்லாமல் ஒரே படியில் சக்தி முழுதும் வெளிப்பட்டால் அது ATPயில் சேமித்து வைக்கமுடியாதபடி அபரிமிதமாகி, வீணாகப் போவதுமல்லாமல் செல்களின் நுண்ணிய அமைப்புக்கு ஊறு விளைவிக்கவும் கூடும். இதற்கு ஓர் உபமானம் கூறலாம். ஓர் அணையில் உயரமாகத் தேங்கியிருக்கும் தண்ணீரில் ஏராளமான சக்தி உள்ளது. அணையை உடைத்துவிட்டால் தண்ணீரிலுள்ள சக்தியெல்லாம் திடீரென ஒரேயடியாக வெளிப்பட்டு, வெள்ளமாகி முன்னாலுள்ளனவற்றையெல்லாம் அழித்துவிடும். ஆனால், அணையின் நீரைக் கட்டுப்பாடான முறையில் குழாய்களின் மூலம், சிக்கலான அமைப்புடைய இயந்திரங்களின் வழியாகச் செலுத்தி, நீரின் சக்தியை மின்சக்தியாக மாற்றினால் அம் மின்சக்தியைக் கம்பிகளின் வழியாகக் கடத்திப் பல வேலைகளுக்குப் பயன்படுத்தலாம். அதே போலத்தான், குளுகோசிலிருந்து சிக்கலான மாற்றங்களினால் கட்டுப்பாடான முறையில் வெளிப்படும் சக்தி ADP மாலிக்யூல்களில் சேர்ந்து அவற்றை ATPயாக மாற்றுகின்றன. குளுகோசிலுள்ள சக்தியைப் போலல்லாமல் ATPயின் சக்தி எந்த உயிர்க்கிரியைக்கும் நேரடியாகப் பயன்படும். ATP மாலிக்யூல்கள் செல்லின் பல பாகங்களுக்கும் சென்று எல்லா வகையான உயிர்க்கிரியைகளுக்கும் சக்தியைத் தரப் பயன்படுகின்றன.

வளியறுயிர்ப்பு: வளியுயிர்ப்பில் ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூல்கள் கடைசியில் ஆக்சிஜனோடு சேர்ந்து தண்ணீரை உண்டாக்குகின்றன என்று கண்டோம். எனவே இதற்கு ஆக்சிஜன் வாயு தேவைப்படுகிறது. ஆனால், ஆக்சிஜன் இல்லாமலே பைரூவிக் ஆசிடானது $NADH_2$ வின் உதவியால் லேக்டிக் ஆசிடாகவோ, ஆல்கஹால்,

கார்பன்டை ஆக்சைடு ஆகியவையாகவோ மாறிச் சிறிதளவு சக்தியை வெளிப்படுத்த முடியும். இதுவே வளியறுயிர்ப்பாகும். வளியறுயிர்ப்பில் ஃபாஸ்ஃபோ கிளிசரால் டிஹைடிலிருந்து வெளிப் படும் ஹைட்ரஜன் மாலிக்யூல்கள் NADவழியாகச் சைட்டோகுரோம் சுழலில் ATP மாலிக்யூல்களை உண்டாக்குவதற்குப் பதிலாக, NAD வழியாகப் பைருவிக் ஆசிடை, லேக்டிக் ஆசிடாகவோ, அல்லது ஆல்கஹால், கார்பன்டை ஆக்சைடாகவோ மாற்றிச் சிறிதளவு சக்தியை வெளிப்படுத்துகின்றன. இந்த வளியறுயிர்ப்பே, நொதித்த லென்றும் சொல்லப்படும். ஈஸ்ட் (Yeast) தாவரங்கள் போதுமான ஆக்சிஜன் கிடைக்காத போது, வளியறுயிர்ப்பால் ஆல்கஹாலையும், கார்பன்டை ஆக்சைடையும் உண்டாக்குகின்றன. மனிதனின் தசைகளிலும்,மற்றப்பிராணிகளின் தசைகளிலும் துரித இயக்கத்தால் வேகமாக உயிர்ப்பு நிகழும்போது, இரத்தத்தின் மூலம் கிடைக்கும் ஆக்சிஜன் போதாவிட்டால், வளியறுயிர்ப்பு நிகழ்ந்து லேக்டிக் ஆசிட் உண்டாகிறது. ஆனால், ஓரளவுக்கு மேல் லேக்டிக் ஆசிட் தசையில் சேர்ந்தால் அது தசைக்கு விஷமாகித் தசை சோர் வடைகிறது.

8. அத்தியாவசியத் தனிமங்களின் பங்கு

(Role of Essential Elements)

கார்பன், ஆக்சிஜன், ஹைட்ரஜன் ஆகிய தனிமங்கள் தாவரங் களில் அடிப்படை உணவான கார்போஹைட்ரேட்டைத் தயாரிப் பதற்குத் தேவையென்று கண்டோம். ஆனால், தாவரங்களின் வாழ்க்கைக்கு மற்றும் பல தனிமங்களும் அத்தியாவசியமென்று சொல்லப்பட்டது. மேற்சொன்ன மூன்று தனிமங்களைத் தவிர மற்றவைகளில் பல தனிமங்கள் தாவரங்களின் வாழ்க்கையில் என்ன பங்கேற்கின்றன என்று தெளிவாகத் தெரியவில்லை. ஆயினும் இது பற்றிச் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து சில குறிப்பிட்ட தனிமங் கள் இல்லாவிட்டால் தாவரங்களில் என்ன விளைவுகள் ஏற்படு கின்றன என்று வெகுவாக அறியப்பட்டுள்ளது. அவற்றுள் நைட் ரஜன், சல்ஃபர் (Sulphur) என்ற முக்கியமான இரண்டு தனிமங் களைப் பற்றி இங்குப் பார்ப்போம்.

நைட்ரஜன்: நைட்ரஜன் புரோட்டீன்களெல்லாவற்றிலும் இருக் கும் தனிமமாகும். ஆகவே நைட்ரஜன் இல்லாவிட்டால் புரொட்டீன் உற்பத்தி நடைபெறாது. புரொட்டீன்கள், புரொட்டொபிளாசத்தின் முக்கிய பகுதியாதலால், நைட்ரஜன் குறைவினால் தாவரத்தின்

பொது வளர்ச்சி முற்றிலும் பாதிக்கப்படுகிறது. தாவரங்கள் முருடாகி இலைகள் வெளிர்பச்சை நிறமடைகின்றன. அடி இலைகள் மஞ்சள் நிறமாகிக் கடைசியில் வெளிர் பழுப்பு நிறமான சருகாகக் காய்ந்து விடுகின்றன.

வெளிவளியில் சுமார் 78% நைட்ரஜன் இருந்தாலும் தாவரங்கள் அதில் ஒரு சிறிதையும் நேரடியாக எடுத்து உபயோகித்துக் கொள்ளும் சக்தியற்றனவாகும். அவை நைட்ரஜனை நைட்ரேட், நைட்ரைட், அமோனியா உப்புகள், யூரியா முதலிய வேதியக் கூட்டுகளின் மூலமாக மட்டுமே பெறமுடியும். பெரும்பாலான தாவரங்கள் நைட்ரேட்டாகவே தமது நைட்ரஜனை எடுத்துக்கொள்ளுகின்றன.

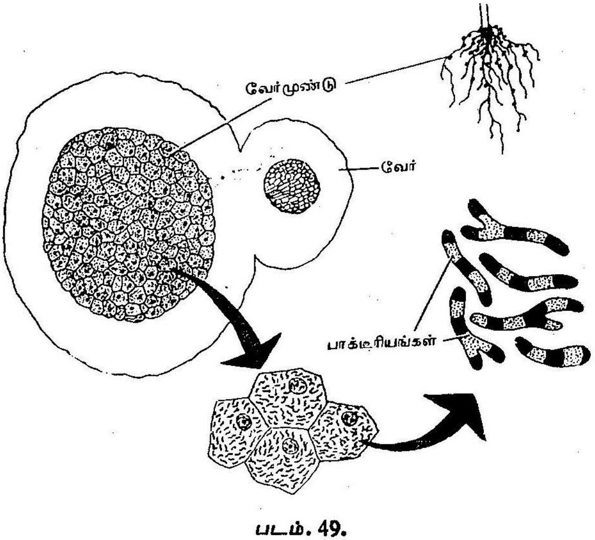
தாவரங்கள் இடைவிடாமல் நைட்ரஜன் உப்புகளை மண்ணிலிருந்து எடுத்துக்கொண்டே இருந்தாலும், மண்ணில் நைட்ரஜன் உப்புகள் வெகுவாகக் குறைவதில்லை. இதன் காரணம் யாதெனில் மண்ணில் வாழும் பாக்டீரியங்களில் சில, நைட்ரஜன் உப்புகளை இடைவிடாமல் தோற்றுவித்துக்கொண்டிருப்பதாகும்.

நைட்ரஜன் உப்புகளின் உற்பத்தியில் பங்கு கொள்ளும் பாக்டீரியங்கள் முக்கியமாக இரண்டு வகைப்படும். 1. சில மட்குண்ணி (Saprophytic) பாக்டீரியங்கள், இறந்த தாவரங்கள், விலங்குகள் ஆகியவற்றின் உடலையும், அவற்றின் கழிவுப்பொருள்களையும் வேதிய மாற்றமடையச் செய்து, தாவரங்களால் எடுத்துக்கொள்ள முடியாதபடிசிக்கலானவேதியக்கூட்டுகளாக இருக்கும் நைட்ரஜனை, நைட்ரேட், நைட்ரைட் அமோனியா முதலிய எளிய கூட்டுப் பொருள்களாக மாற்றுகின்றன. 2. சில பாக்டீரியங்கள் தாவரங்களினுள் கூட்டுயிரிகளாகவாழ்ந்தோ அல்லது மண்ணில் சாறுண்ணிகளாக வாழ்ந்தோ மண்ணிலிருக்கும் வெளிவளியிலுள்ள நைட்ரஜனை நைட்ரஜன் உப்புகளில் நிலைகூரச் செய்கின்றன. இவை நைட்ரஜன் நிலைகூர் பாக்டீரியங்கள் (Nitrogen fixing bacteria) எனப்படும்.

நைட்ரஜன் நிலைகூர்வு (Nitrogen fixation) : மேற்சொன்ன வகையில் முதலாவது வகைப் பாக்டீரியங்கள் **அசெடோபேக்டர் (Azetobacter), குளோஸ்ட்ரீடியம்** (Glostridium) என்னும் இரு பேரினங்களைச் சேர்ந்தவையாகும். அசெடோபேக்டரைச் சேர்ந்தவை குண்டுருவான வளியுயிரி (Aerobe) களாகும். குளோஸ்ட்ரீடியத்தைச் சேர்ந்தவை உருளை வடிவமான வளியறுயிரி (Anaerobe) களாகும். இரு வகைகளும் நல்ல காற்றோட்ட முடைய மண்ணில் ஏராளமாகக் காணப்படுகின்றன. வளியுயிரிகள் மண் துணுக்குகளின்

வெளிப்பரப்பிலும், வளியறுயிரிகள் மட்கட்டிகளுள்ளும் மற்ற உயிர்களின் வளியுயிர்ப்பால் ஆக்சிஜனற்றுப்போகு மிடங்களிலும் காணப்படுகின்றன. இப் பாக்டீரியங்கள் ஓர் ஏக்கரில் ஓராண்டில் சராசரி சுமார் 3 கிலோகிராம் நைட்ரஜனை நிலைகூரச் செய்கின்றன என்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. தாவரங்களில் கூட்டுயிரிகளாக வாழும் பாக்டீரியங்கள் நிலைகூரச் செய்யும் நைட்ரஜனைவிட இந்த அளவு மிகக் குறைவாகும்.

தாவரங்களின் வேர்களில் கூட்டுயிரிகளாக வாழ்ந்து நைட்ரஜனை நிலைகூரச் செய்பவை **ரைசோபியம்** (Rhizobium) என்னும் உருளை வடிவ பாக்டீரியங்களாகும். இவற்றில் பல இனங்களுள்ளன. ஒவ்வோர் இனமும் அவரைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த குறிப்பிட்ட தாவரங்களின் வேர்களில் மட்டும் வாழக்கூடியதாகும். மண்ணிலிருந்து இவை வேர்களுக்குள் நுழைந்து, நுழைந்த விடத்தில் திசு வளர்ச்சியா லேற்படும்முண்டுகளில் வாழ்கின்றன (படம்46).அங்குத் தாவரத்திலிருந்து கார்போஹைட்ரேட்டை எடுத்து மண்ணிலுள்ள



படம். 49.

வேர் முண்டுகளின் பாக்டீரியங்கள்.

வெளிவளியிலிருக்கும் நைட்ரஜனோடு சேர்த்து நைட்ரஜன் கூட்டுகளை உண்டாக்குகின்றன.இக்கூட்டுப் பொருள்கள் முண்டுகளிலிருந்து தாவரத்தின் மற்றப் பாகங்களுக்கும் பரவித்தாவரத்தின்புரொட்டீன் உற்பத்திக்குப் பயன்படுகின்றன. சோயாபீன்ஸ் என்னும் தாவரத்

தில் பாக்டீரியங்களால் நிலைகூரப்படும் நைட்ரஜனில் சுமார் 90% தாவரத்திலுல் உபயோகிக்கப்படுகிறதென்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. பாக்டீரிய முண்டுகளிலிருந்து சில சமயம் நைட்ரஜன் கூட்டுகள் வெளிமண்ணுக்கும் பரவி அங்கு வாழும் மற்ற உயிர்களுக்குப் பயன்படலாம். மற்றும் முண்டுகளுள்ள வேர்கள் மடிவதாலும், அவற்றின் பட்டை உரிவதாலும் நைட்ரஜன் கூட்டுகள் மண்ணை அடைகின்றன.

கூட்டுயிர் பாக்டீரியங்கள் ஆச்சரியப்படத்தக்க வண்ணம் ஏராளமான நைட்ரஜனை நிலைகூரச் செய்யக் கூடியனவாகும். நல்ல வளர்ச்சிக்குச் சாதகமான சூழ்நிலையில் **ஆல்பால்டா** (Alfalfa) என்னும் பயிர் ஓர் ஏக்கரில் அதன் வாழ்நாளில் சுமார் 200 கிலோ கிராம் நைட்ரஜனை நிலைகூரச் செய்யக்கூடும். பொதுவாக அவரைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த மற்றத் தாவரங்கள் ஓர் ஏக்கருக்குச் சராசரி சுமார் 50 முதல் 100 கிலோ கிராம் நைட்ரஜனை நிலைகூரச் செய்கின்றன.

வெளிவளியிலிருந்தும் சிறு அளவு நைட்ரஜன் கூட்டுகள் மண்ணை வந்தடைகின்றன. இது எவ்வாறெனில், மின்னலால் ஏற்படும் மின்கதிர் வீச்சினுல் வெளிவளியின் நைட்ரஜன் ஆக்சிஜனேடு சேர்ந்து நைட்ரஜன் ஆக்சைடுகள் உண்டாகின்றன. இவை மழை நீரில் கரைந்து நிலத்தை அடைகின்றன. மற்றும் மண்ணிலிருந்து வெளிவளிக்கு ஊடுபரவும் அமோனியாவும் மழை நீரில் கரைந்து மண்ணை அடைகிறது. வெளிவளியிலிருந்து மொத்தம் ஓராண்டுக்கு ஓர் ஏக்கர்க்கு 2 கிலோ கிராம் நைட்ரஜன் மண்ணை வந்தடைவதாக இங்கிலாந்தில் எடுக்கப்பட்ட ஒரு கணக்கீட்டிலிருந்து தெரிய வந்துள்ளது.

சல்ஃபர் (Sulphur—**கந்தகம்**): அமினோ ஆசிடுகளி லொன்ருன சிஸ்டைன் (Cystine) சல்ஃபர் அடங்கியதாகும். சிஸ்டைன், தாவர புரொட்டீன்களில் இருக்கிறது. தாவர ஹார்மோன்களில் காணப்படும் முக்கிய அமினோ ஆசிடுகளான தையமின் (Thyamine), பயோட்டின் (Biotin) ஆகியவற்றிலும் சல்ஃபர் உள்ளது. வெங்காயம், வெள்ளைப்பூண்டு, கடுகு ஆகியவற்றின் தனிப்பட்ட மணத்துக்கும், ருசிக்கும் காரணமான வேதியக் கூட்டுகளும் சல்ஃபரைக் கொண்டனவாகும்.

சல்ஃபர் சாதாரணமாக SO_4^{--} அயனிகளாக வேர்களால் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. வெளிவளியில் சிறிதளவு இருக்கும் சல்ஃபர்டை ஆக்சைடு (Sulphur dioxide) வாயுவும் ஸ்டோமாக்களின் வழியாக இலைகளிலும் செல்லக்கூடும். சல்ஃபர் குறையால்

தாவரங்களில் ஏற்படும் நலிவு, நைட்ரஜன் குறையால் ஏற்படு வதைப் போன்றதாகும். சல்ஃபர் குறையால் புரொட்டீன் உற்பத்தி பாதிக்கப்படுவதால், அமினோ ஆசிடுகளும் மற்ற நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்களும் தாவரங்களின் திசுக்களில் வெகுவாகக் குறைகின்றன.

9. தாவர வளர்ச்சி

வளர்ச்சி என்பது இன்னதென்று துல்லியமாக விவரிக்கப்பட முடியாத ஒரு நிகழ்ச்சியாகும். பொதுவாக உயரம், பருமன், எடை ஆகியவற்றின் அதிகரிப்பே வெளித் தோற்றத்தில் வளர்ச்சியின் அறிகுறிகளாகக் காணப்படுகிறது. வெளித் தோற்றத்தில் ஏற்படும் இம் மாற்றங்களுக்குக் காரணமான உள் நிகழ்ச்சிகள், செல்லிரட்டிப்பு (Cell division), செல்வளர்ச்சி, செல்லுறு மாற்றம் (Cell differentiation) முதலிய செல்நிலை நிகழ்ச்சிகளும் இந் நிகழ்ச்சிகளுக்கு அடிப்படையான வேதியக் கிரியைகளுமே யாகும்.

வளர்ச்சிக்கு உணவு அத்தியாவசியமான தென்பது எல்லோரும் அறிந்த தொன்ருகும். உயிருக்கு உணவு இரு பிரதான வழிகளில் பயன்படுகிறது. முதலாவதாக உயிர்க்கிரியைகளை நிகழ்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் சக்தி உணவுப் பொருள்களிலிருந்து பெறப்படுகிறது. இதில் சிக்கலான கூட்டுப் பொருள்கள் எளிய கூட்டுப் பொருள்களாக மாற்றப்பட்டு முடிவில் வெளியேற்றப்படுகின்றன. இரண்டாவதாக உயிர் வளருவதற்குத் தேவையான அடிப்படைக் கூட்டுப் பொருள்கள் உணவிலிருந்து பெறப்படுகின்றன. இதில் எளிய கூட்டுப் பொருள்கள், புரொட்டொபிளாசம், செல்சுவர் ஆகியவற்றிலடங்கியுள்ள மிகச் சிக்கலான கூட்டுப் பொருள்களாக மாற்றப்பட்டு, உயிரினது உடலின் பகுதியாகச் சேர்க்கப்படுகின்றன. ஆகவே எந்த உயிரும் தனது சக்தித் தேவைகளுக்காக அழிக்கும் பொருள்களைவிட அதிகமான உணவை உட்கொண்டாலன்றி வளர்ச்சி பெற முடியாது. பசுந்தாவரங்கள் தமது உணவை ஒளிச் சேர்க்கையினுல் பெறுவதால், அவற்றில் உயிர்ப்பை விட ஒளிச் சேர்க்கை வேகமாக நிகழ்ந்தாலன்றி வளர்ச்சி ஏற்பட முடியாது.

பெரும்பான்மையான தாவரங்களில் அவற்றின் தண்டிலம், வேர் ஆகியவற்றின் நுனிகளில்தான் நீள்வளர்ச்சி ஏற்படுகிறது. நுனிகளிலுள்ள முனைத் திசுக்களில் இடைவிடாமல் செல்லிரட்டிப்பு நிகழ்ந்துகொண்டிருக்கிறது. இதனுல் அதிகரிக்கும் செல்கள் வேகமாக வளருவதால் முனையை அடுத்துக் கீழே இருக்கும் பகுதி வேக

மாக நீளுகிறது. தண்டில் வளர் முனையில் தண்டைத் தவிர இலை களும் தொடர்ச்சியாகத் தோன்றி வளருகின்றன. இலைகளின் கோணத்தில் கோணமொக்குகள் தோன்றுகின்றன. இக் கோண மொக்குகளிலிருந்து கிளைகள் வளரலாம். வேர்களில், நீள்பகுதிக்குப் பின்னுல் கிளைவேர்கள் தோன்றி வளருகின்றன. ஈரிலைத் தாவரங்களில் நீள் வளர்ச்சியைத் தவிரக் குறுக்கு வளர்ச்சியும் ஏற்படுகிறது. நீள் வளர்ச்சி முடியுந்தருவாயில், தண்டிலும் வேரி லும் தோன்றும் கேம்பியம் என்னும் திசுவால் உண்டாக்கப்படும் செல்களே குறுக்கு வளர்ச்சிக்குக் காரணமாகின்றன. தாவரம் முதிர்ச்சியடைந்த பிறகு, தண்டு, இலை, வேர் ஆகியவற்றைத் தவிர மலர்களும் தோன்றி வளருகின்றன. மகரந்தச் சேர்க்கைக்குப் பிறகு மலரின் கருவிலம் வளர்ந்து பழத்தையும், கருவளர்ந்து விதை யையும் உண்டாக்குகின்றன.

தாவரங்களின் வளர்ச்சியை அவற்றின் சூழ்நிலை வெகுவாக நெறிப்படுத்துகிறது. சூழ்நிலையானது பல்வேறு அமிசங்களைக் கொண்டதாகையால், அவ் வமிசங்களில் எவை எவ்வாறு வளர்ச்சி யைப் பாதிக்கின்றன என்று பகுத்தறிவது இயலாத காரியமாகும். ஆனுலும் வளர்ச்சியோடு நேரடித் தொடர்புடைய சூழ்நிலை யமிசங்கள் கீழ்வருவனவென்று சொல்லலாம்.

1. வெப்பம்
2. வெளிச்சம்
3. மண் நீர்
4. நீராவி (மண், வெளிவளி)
5. மண் உப்புகள்
6. மண்வளியின் வாயுகள்
7. மாற்றிப் பரிமாறிக் கொள்ளக்கூடிய மண் அயனிகள்
8. வெளிவளியின் வாயுகள்
9. ஈர்ப்பு
10. வளிவெளியமுக்கம்
11. காற்று

தாவரத்தின் தண்டிலமும், வேரிலமும் மிகவும் வேறுபட்ட சூழ் நிலைகளுக்கு இலக்காகின்றன. எனினும் இவ் விரண்டில் ஒன்றின் வளர்ச்சி மற்றென்றின் வளர்ச்சியைப் பாதிக்கக் கூடியதாகும்.

வெப்பம் : தாவரத்தின் வளர்ச்சியையும், மற்றெல்லாக் கிரியைகளையும் அடக்கியாளும் பிரதான அமிசம் வெப்பமாகும். ஓர் இடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட தாவரம் நன்ருக வளர்ந்து வாழ முடியுமா என்பது முக்கியமாக அந்த இடத்தின் வெப்பநிலை அந்தத் தாவரத்துக்கு ஏற்றதா என்பதையே பொருத்ததாகும்.

வளர்ச்சி ஏற்படப் பொதுவாக ஒவ்வொரு தாவர இனத்துக்கும் ஒரு குறைந்தபட்ச அதிகபட்ச வெப்பங்கள் உள்ளன. மற்றும் நல்ல வளர்ச்சி ஏற்படக் குறிப்பிட்ட இயைபு வெப்பமும் (**Optimum temperature**) உள்ளது. இம் மூன்று வெப்பங்களும் இனத்துக்கு இனம் மிக வேறுபடக் கூடியதாகும். மற்றும் ஒரே தாவரத்தில் வெவ்வேறு வளர்ச்சிப் பருவங்களில் சூழ்நிலையைப் பொருத்து இவ் வெப்பங்கள் வேறுபடுவனவாகும். பனி மூடிய துருவப் பிரதேசங்களில் வளருந் தாவரங்கள் நீர் உறையும் வெப்பத்தில்கூட வளரக் கூடியனவாகும். அவற்றின் இயைபு வெப்பம் 10°C க்கும் குறைவாகும். குளிர்ப்பிரதேசங்களில் வளருந் தாவரங்களுக்குக் குறைந்தபட்ச அதிகபட்ச, இயைபு வெப்பங்கள் முறையே சுமார் 5°C, 30-35°C, 45°C ஆகும்.

பட்டாணி நாற்றின் வளர்ச்சி பற்றிய விரிவான சோதனைகளில் -2°C முதல் 29°C வரை அவற்றின் வேர்களின் வளர்ச்சி விகிதம் தொடர்ந்து அதிகரிப்பதாகவும், 30°C க்குமேல் வளர்ச்சி படிப்படியாகக் குறைந்து 45°C க்கும் மேற்பட்ட வெப்பத்தில் வளர்ச்சி அடியோடு நின்று போவதாகவும் தெரியவந்துள்ளது. மக்காச் சோள நாற்றுகளும் இதேபோன்ற வளர்ச்சி விகித மாறுபாட்டைக் காட்டுகின்றன. பருத்தியில் விதை முளைத்து முதலில் முளைவேர், ஹைப்போகாட்டில் முதலியவை வளருவதற்கு இயைபு வெப்பம் 33°C யாக இருந்தாலும், சில நாட்களுக்குப் பிறகு வேர் வளர்ச்சிக்கு இயைபு வெப்பம் 27°C யாகக் குறைந்து, ஹைப்போக்காட்டில் வளர்ச்சிக்கு இயைபு வெப்பம் 36°C யாக அதிகரிப்பதாக அறியப்பட்டுள்ளது. இதுபோல் தாவரத்தின் வெவ்வேறு பாகங்களின் வளர்ச்சிக்கு வெவ்வேறு பருவங்களில் வெவ்வேறு இயைபு வெப்பங்கள் உள்ளன என்று மற்றும் பல தாவரங்களிலிருந்தும் தெரிய வந்துள்ளது.

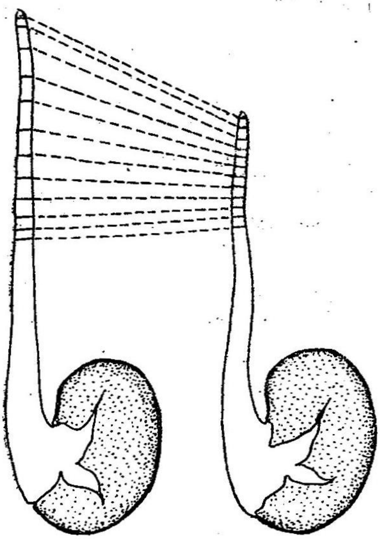
வெளிச்சம் : தாவரங்கள் ஒளிச் சேர்க்கையினுல் தமது உணவைப் பெறுவதால், அவற்றின் வளர்ச்சிக்கு வெளிச்சம் இன்றியமையாததாகும். வெளிச்சத்தின் தன்மை, பிரகாசம் ஆகியவை தாவரங்களின் வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்துகின்றன. வெளிச்சமில்லாவிட்டால் தாவரங்கள் பசுமையிழந்து, மெலிந்து நீண்டு இலைகள் சிறுத்து

மஞ்சள் நிறமான நோயுற்ற தோற்றத்தை அடைகின்றன. இளம் நாற்றுகளை இருட்டில் வளர்த்தால் இம் மாற்றங்கள் நன்கு புலனாகின்றன.

பல தாவரங்களின் வளர்ச்சியும், பூத்தலும் வெளிச்ச நேரத்தால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. **காஸ்மாஸ்** (Cosmos), **ஸ்ட்ராபெரி** (Strawberry), ஆஸ்டர் (Aster), **பாயின்செட்டியா** (Poinsettia), சர்க்கரைவள்ளி முதலிய தாவரங்கள் குறுகிய பகல் நேரங்களுள்ள போதுதான் பூக்க முடியும். நீண்ட பகல் நேரங்களுக்கு இவை இல்லாவிட்டால் பூத்தல் தடைப்படும். இத்தகைய தாவரங்கள் குறும் பகல் தாவரங்கள் (**Short day plants**) எனப்படும்.

பீட்ரூட், முள்ளங்கி, உருளைக்கிழங்கு, செம்பருத்தி முதலிய தாவரங்கள் நீண்ட பகல் நேரம் இருந்தால் மட்டுமே பூக்கக்கூடும். குறுகிய பகல் நேரங்களுள்ள பருவத்திலும் இடத்திலும் பூக்க முடியாது. இப்படிப்பட்ட தாவரங்கள் நெடும்பகல் தாவரங்கள் (Long day plants) எனப்படும்.

அநேக தாவரங்களின் பூத்தல் பகல்நேர அளவைப் பொருத்து அமைவதில்லை. இவைகள் பகல் மதியாத தாவரங்கள் (Day neutral plants) எனப்படும். **சின்னியா** (Zinnia), தக்காளி, பருத்தி, பல புகையிலை ரகங்கள் ஆகியவை இத்தன்மையன வாகும்.

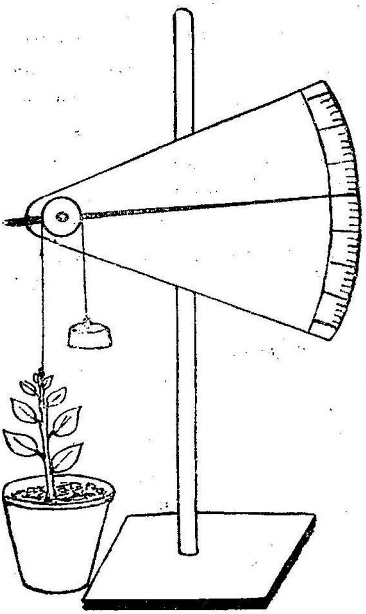


படம் 50.

வேர் வளர்ச்சி சோதனை

வளர்ச்சியைப் பலவாறாக அளக்கலாம். வேர்களின் நீள் வளர்ச்சியைக் காண அவற்றின் நுனிப்பகுதியில் கறுப்பு இந்திய மையால் அருகருகாகச் சமதூரத்தில் கோடிட்டு வைக்க வேண்டும். வேர் வளர வளர, இக்கோடுகள் வளர்ச்சிக்கேற்ப ஒன்றிலிருந்து ஒன்று தூரமாகவிலகுவதைக் காணலாம் (படம்50). இதிலிருந்து எந்தெந்தப் பகுதியில் எவ்வளவு நீளம் வளருகின்றன என்பதைக் கண்டறியலாம். வேர்நுனியைக் கிடைமைக்கிராஸ்கோப் (Horizantal microscope) மூலம் பார்த்தால் அதன் வளர்ச்சியை நன்றாகக் காணலாம்.

தண்டின் நீள் வளர்ச்சியை அளக்க ஆக்சனு மீட்டர் என்னும் கருவி(படம் 51) பயன்படுகிறது. இதில் ஒரு நெம்பின் உதவியால் வளர்ச்சி பல மடங்கு பெருக்கிக் காட்டப்படுகிறது. தாவரத்தின் தண்டு நுனியை ஆக்சனு மீட்டர் நெம்பின் குறுகிய பதிகு நுனியுடன் ஒருநூலால் இணைத்து வைத்தால் தண்டு வளர வளர நெம்பின் மறுநுனி கீழே நகர்ந்து வளர்ச்சியைப் பல மடங்கு பெருக்கி ஒரு ஸ்கேலில் காட்டுகிறது. நெம்பின் குறுகிய பகுதியின் நீளத்தையும் நீண்ட பகுதியின் நீளத்தையும் கணக்கிட்டு அதிலிருந்து தண்டு எவ்வளவு வளர்ந்துள்ளது என்று அறியலாம்.



படம் 51.

ஆக்சனு மீட்டர்

இலைகளின் வளர்ச்சியை அறிவதற்கு இளந்தளிரின் மீது கறுப்பு மையால் சமதூரக் கோடுகளைக் குறித்து வைத்தால், இலை வளர வளர அவ் வளர்ச்சிக்கேற்ப சதுரங்களின் உருவம் மாறுவதைக் காணலாம். இதிலிருந்து எவ்வெவ்விடங்களில் எவ்வாறு இலை வளருகிறது என்பதை அறியலாம்.

தாவரங்களின் உயர வளர்ச்சி விகிதம் தாவரத்தைப் பொருத்து மிகவும் வேறுபடக் கூடியதாகும். சிலவற்றில் மிக வேகமான வளர்ச்சியும் சிலவற்றில் மிக மந்தமான வளர்ச்சியும் காணப்படுகிறது. உதாரணமாக இளம் மூங்கில் மொக்குகள் 24 மணி நேரத்தில் 60 செ. மீ வளரக்கூடும். சாம்பல் கற்ருழையின் மலர்க்கொத்து ஒரு நாளில் 15 செ. மீ. வளரக்கூடும். ஆனால், கள்ளி முதலிய வறட்சித் தாவரங்களில் வளர்ச்சி மிக மெதுவாக நடைபெறுகிறது. இவற்றின் வளர்ச்சியை மாதக்கணக்கில் கணக்கிடலாமேயன்றி, நாட்கணக்கில் நிர்ணயிக்க முடியாது.

தண்டு, வேர் ஆகியவற்றின் நீளவளர்ச்சியை ஆக்சின் (Auxin) அல்லது ஹார்மோன் (Harmone) என்ற பொதுப் பெயர்களால் குறிப்பிடப்படும் பல பொருள்கள் அடக்கியாளுகின்றன. இவை தண்டில

வளர் முனையிலும், இளம் தளிரிலைகளிலும், விரியும் மலர் மொக்குகளிலும் உற்பத்தியாகி நுனியிலிருந்து கீழாக மட்டும் ஒரே திசையில் ஊடுபரவுகின்றன. இவை மிகக் குறைவான செறிவில் வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கின்றன. செறிவு சற்று அதிகமானாலும் வளர்ச்சியைத் தடை செய்கின்றன. தாவரங்களில் இயற்கையாக உண்டாகும் ஆக்சின்கள், ஆக்சின் A எனப்படும் ஆக்சென்டிரையோலிக் ஆசிட் (Auxentriolicnic acid - C_{18} H_{32} O_5). ஆக்சின் B எனப்படும் ஆக்செனலோனிக் ஆசிட்(Auxenolonic acid — C_{18} H_{30} O_4), ஹெட்டிரே ஆக்சின் (Heteroauxin) எனப்படும் இன்டால்3 அசிடிக் ஆசிட் (Indole - 3 - Acetic acid — C_{10} H_9 O_2 N) என்பவையாகும்.

மேற்குறிப்பிடப்பட்ட இயற்கை ஆக்சின்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபிறகு, பல செயற்கை ஆக்சின்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் முக்கியமானவை α நேப்தலின் அசிடிக் ஆசிட் (α- napthelin acetic acid) 2-4 டைகுளோரோ பீனுக்சி அசிடிக் ஆசிட் (2-4 dichlorophenoxy acetic acid), α-நேப்தாக்சி அசிடிக் ஆசிட் (α - napthoxy acetic acid) முதலியனவாகும்.

வேர்கள் நீண்டு வளருவதற்கான செறிவுக்குச் சற்று அதிகமான செறிவில் ஆக்சின்கள் வேர்கள் தோன்றுவதை ஊக்குவிக்கின்றன. தண்டை வெட்டி நட்டுப் பயிராக்கப்படும் தாவரங்களில், நடப்படும் துண்டுகள் பழுதின்றி வேரூன்றி வளருவதற்கு அவற்றின் அடிநுனியை ஆக்சினில் நனைத்து நடுவது இப்போது பழக்கத்திலுள்ளது.

அதிகச் செறிவில் ஆக்சின்கள் வளர்ச்சியைத் தடுப்பது மட்டுமன்றித் தாவரங்களை அடியோடு அழிக்கவும் செய்கின்றன. எனவே அவை பயிர் நிலங்களில் வளரும் களைகளை அழிப்பதற்கு உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இதற்கு மற்ற ஆக்சின்களைவிட 2-4 டைகுளோரோ பீனுக்சி அசிடிக் ஆசிட் சிறந்ததாக உள்ளது. 0.1 சதவீதக் கரைசலாக 1000 சதுரஅடிக்கு 5 காலன் தெளித்தால் போதுமானது. ஆனால், தெளிக்கும்போது இது களையின்மேல் மட்டும் படுமாறும், பயிர்களின்மேல் படாமலும் தெளிக்கவேண்டும். இல்லாவிட்டால், களையோடு பயிர்களும் இறந்துபோகும்.

10. விதைமுளைப்பு

விதைத் தாவரங்களின் பாலின விருத்தியின்போது விதைகள் உண்டாகின்றன. விதைகள் தாய்த் தாவரத்திலிருந்து பிரிந்து முளைத்து அடுத்த தலைமுறைத் தாவரங்களாக வளருகின்றன. விதைகள் முளைப்பதற்கு மூன்றுமுக்கிய சூழ்நிலையமிசங்கள் தேவை.

அவை 1. தண்ணீர் 2. வெப்பம் 3. ஆக்சிஜன் என்பவையாகும். சில தாவரங்களின் விதை முளைப்பில் வெளிச்சமும் ஒரு முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது.

தண்ணீர்:

பொதுவாகத் தாவரத்தின் மற்றெந்தப் பாகத்தையும் விட முதிர்ந்த விதையில்தான் தண்ணீரின் விகிதம் குறைவாக இருக்கிறது. விதைகள் முளைக்காமல் அரிதுயிலிருப்பதற்கு அவற்றின் தண்ணீர் விகிதம் குறைவாக இருக்க வேண்டியதவசிய மென்றாலும் தண்ணீர் விகிதம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குக் குறைந்தால் அவை முளைக்குந்திறனை இழக்கநேரிடும். விதையின் தண்ணீர் குறையாமல் விதையுறைகள் பாதுகாக்கின்றன.

முளைக்கும்போது விதைகள் தண்ணீரை உறிஞ்சுவதால் அவற்றின் தண்ணீர் விகிதம் அதிகரிக்கிறது. ஆகவே அவை முளைக்கத் தொடங்குகின்றன. விதைகள் திரவவடிவமான தண்ணீரை மட்டுமன்றி, நீராவி வடிவான தண்ணீரையும் உறிஞ்சக் கூடியனவாகையால் அவை முளைப்பதற்கு அதிக ஈரம் தேவையில்லை. மண்ணின் நீரளவு வாட்ட நிலையிலிருக்கும்போதுகூட அநேக விதைகள் திருப்திகரமாக முளைக்கக்கூடியனவாக வுள்ளன. முளைக்கும்போது விதைகள் உறிஞ்சும் மொத்த நீரினளவு விதைகளைப் பொருத்து வேறுபடுகிறது. உதாரணமாக வறட்சியைத் தாங்க முடியாத பருத்தி ரகமொன்றின் விதைகள், வறட்சியைத் தாங்கக்கூடிய ரகத்தின் விதைகளைவிட முளைக்கும்போது இரண்டு பங்கு தண்ணீரை உறிஞ்சுவதாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

ஆக்சிஜன்:

முளைப்பின் தொடக்கத்தில் விதைகளில் உயிர்ப்பு வேகமாக நடைபெறுகிறது. ஆனால், அநேக விதைகளின் விதையுறைகள் தண்ணீரை உறிஞ்சி நனைந்த நிலையில்கூட ஆக்சிஜன் புகமுடியாதனவாக இருக்கின்றன. எனவே தொடக்கத்தில் நடைபெறும் உயிர்ப்பின் பெரும்பகுதி வளியறுயிர்ப்பாகும். ஆனால், விதையுறை வெடித்ததும் வளியறுயிர்ப்பு நின்று வளியுயிர்ப்பு தொடங்குகிறது.

வெளிவளியி லிருப்பதைவிடக் குறைவான ஆக்சிஜன் விகிதத்தில் அநேக விதைகள் நன்றாக முளைக்கின்றன. ஆனால், சிலவிதைகள், ஆக்சிஜனின் விகிதம் குறைந்தால் முளைப்பதில்லை. அநேக பூண்டுகளின் விதைகள் மண்ணின் ஆழத்தில் புதைந்திருக்கும்

போது, போதுமான தண்ணீர் இருந்தாலும் பல ஆண்டுகள் கூட முளைக்காமலிருக்கின்றன. ஆனால், உழுவதால் அவை மேல் மண்ணுக்கு வந்தவுடன் முளைக்கத் தொடங்குகின்றன. மண்ணின் ஆழத்தில் ஆக்சிஜன் குறைவாகவும், கார்பன்டை ஆக்சைடு அதிகமாகவும் இருப்பதே அவை ஆழத்தில் முளைக்காமலிருக்கக் காரணமாகத் தெரிகிறது.

வெப்பம்:

முளைப்புக்கு அவசியமான மற்றச் சாதனங்களிருந்தாலும் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பத்துக்குக் கீழும், குறிப்பிட்ட வெப்பத்துக்கு மேலும் விதைகள் முளைப்பதில்லை. பொதுவாகக் குளிர்ப்பிரதேசங்களில் வாழும் தாவரங்களின் விதைகள், வெப்பப் பிரதேசத்தில் வாழுவனவற்றின் விதைகளை விடக் குறைவான வெப்பத்தில் முளைக்கின்றன. உதாரணமாகக் கோதுமை விதைகள் 0° Cக்கும் சற்றே அதிகமான வெப்பத்திலிருந்து 35°C வரை முளைக்கின்றன. ஆனால், மக்காச்சோள விதைகள் முளைக்கத் தேவையான குறைந்தபட்ச அதிகபட்ச வெப்பங்கள் முறையே 5-10° Cயும், 45° Cயும் ஆகும். முளைப்புக்கான இயைபு வெப்பம் அதிகபட்ச வெப்பத்துக்கும் குறைந்தபட்ச வெப்பத்துக்கும் இடைப்பட்டதாகும். ஆனால், பெரும்பாலும் முளைவேர் நீண்டு வளர்வதற்குத் தேவையான இயையு வெப்பம், முளைத்துளிர் வளருவதற்குத் தேவையான இயைபு வெப்பத்தினின்றும் வேறுபடுவதால், முளைப்புக்குத் தேவையான இயைபு வெப்பம் இன்னதென்று அறுதியிடுவது முடியாததாகும்.

வெளிச்சம்:

விஸ்கம் ஆல்பம் (Viscum album) என்னும் புல்லுருவி, **பைகஸ் அரிபா** (Ficus aurea) முதலியனவற்றின் விதைகள் வெளிச்சத்தில் மட்டுமே முளைக்கக் கூடியனவாகும். மற்றும் பல விதைகள் இருட்டைவிட வெளிச்சத்தில் நன்ருக முளைக்கின்றன. ஆனால், சில விதைகள் வெளிச்சமிருந்தால் முளைக்கக் கூடாதனவாக வுள்ளன. வெங்காயம், லில்லி (Lily) முதலியவை இத்தன்மையன வாகும். விதைமுளைப்பில் வெளிச்சத்தின் பங்கு மற்றச் சூழ்நிலையமிசங்களைப் பொருத்து அமைவதாகும். உதாரணமாக வெளிச்சத்தில் மட்டும் முளைக்கக்கூடிய சில புல் விதைகள் கொஞ்சகாலம் வறட்சியான இடத்தில் சேமித்து வைக்கப்பட்டால், வெளிச்சத் தேவை நீங்குகிறது.

விதை முடக்கம் (Seed Dormancy):

பல தாவரங்களின் விதைகள் முதிர்ந்து தாய்த் தாவரத்தி லிருந்து பிரிந்த பின்னும் ஒரு குறிப்பிட்ட காலங்கடக்கும் வரை முளைப்புக்குத் தேவையான வெளிச் சூழ்நிலை யமிசங்களனைத்து மிருந்தாலும் முளைப்பதில்லை. ஏனெனில் அவற்றின் உட்தன்மை குறிப்பிட்ட காலங் கடக்கும்வரை முளைப்பதற்கேற்ற பக்குவமடைவ தில்லை. இவ்வாறு உள்தன்மையால் விதைகள் முளைக்காமலிருப்பது முடக்கம் எனப்படும். கீழ்வரும் பல காரணங்களால் விதைகள் முடக்கமுறலாம்.

1. **நீர் புகா விதையுறை:** அநேக முதிர்ந்த விதைகளின் விதையுறைகள் தண்ணீர் அறவே புகமுடியாதனவாக வுள்ளன. தாமரை, அநேக அவரைக் குடும்ப விதைகள் முதலியன இத் தன் மையனவாகும். நாள் செல்லச் செல்லத்தான் இவ் விதையுறைகள் தண்ணீர் புகக் கூடியனவாகின்றன. மண்ணில் ஏற்படும் வெப்ப ஏற்றத்தாழ்வுகளாலும் இத்தகைய விதையுறைகள் தண்ணீர் புகும் வண்ணம் மாறுகின்றன. மண்ணில் வாழும் பாக்டீரியங்களும், பூஞ் சணங்களும் விதையுறையின் மேற்பரப்பை அழிப்பதாலும் அவை தண்ணீர் புகத்தக்கனவாகின்றன. இப்படி ஏதாவதொரு வகையில் விதையுறை தண்ணீர் புகத்தக்கதாகும்வரை இவ் விதைகள் முளைக்கமுடியாது.

2. **மிகக் கெட்டியான விதையுறை:** சில விதைகளின் விதை யுறைகள் மிகக் கெட்டியாக இருப்பதால், உள்ளே இருக்கும் முளை யானது விதையுறையைப் பிளந்து வெளிவர முடியாததாக இருக் கிறது. இத்தகைய விதைகளில் தண்ணீரும் காற்றும் தாராளமாக உட்புகுந்தாலும் அவை முளைக்கமுடியாது. இவற்றின் விதையுறை உலராமல் ஈரமாகவே இருந்தால் 30 ஆண்டுகளுக்குக்கூட அவை முளைக்காமல் முடங்கியிருக்கலாம். ஆனல், விதையுறை உலர்ந்தால் அப்போது அதில் சில மாற்றங்கள் ஏற்பட்டு வலு குறைகிறது. இத ஞல் உள்ளிருக்கும் முளை விதையுறையைப் பிளக்க ஏதுவாகி விதை கள் முளைக்கின்றன. சில கீரை வகைகள், கடுகு இனத்தவை முத லியன இத்தன்மையனவாகும். இவ் விதைகளின் விதையுறையைப் பிளந்து முளைக்கவைத்தால் அவை சீக்கிரம் எளிதில் முளைக்கின் றன.

3. **ஆக்சிஜன் புகா விதையுறை:** சூரிய காந்திக் குடும்பம், புல் குடும்பம் முதலியனவற்றைச் சேர்ந்த சில தாவரங்களின் விதை யுறை ஆக்சிஜன் உட்புகக் கூடாதனவாக இருக்கின்றன. நாட்கள்

செல்லச் செல்ல விதை யுறையின் தன்மை மாறி ஆக்சிஜன் உட்புகக் கூடியதாகிறது. எனவே உறக்கநிலை படிப்படியாகக் குறைந்து முடிவில் முளைக்கத் தக்கவையாகின்றன.

4. **முதிரா முளை:** பல தாவரங்களின் விதை தாய்த் தாவரத்திலிருந்து பிரியும் போது அதன் முளை பூரண வளர்ச்சி யடைவதில்லை. இப்படிப்பட்ட விதைகளின் முளை பூரண வளர்ச்சி யடையும் வரை முளைப்பதில்லை. அநேக ஆர்கிடுகளும் (Orchids) ஜிங்கோ பைலோபாவும் (Ginko Bilobar) இதற்கு உதாரணங்களாகும்.

5. **முளைப்புத் தடுப்பிகள்:** சில தாவரங்களின் விதை முளைப்பை தாவரத்தின் பழத்திலுள்ள சில பொருள்கள் தடை செய்கின்றன. உதாரணமாகத் தக்காளிப் பழச்சாறு தக்காளி விதை முளைப்பதையும், மற்ற விதைகளின் முளைப்பையும் தடுக்கிறது. அத் தடுப்புப் பொருள்கள் நீங்கினாலன்றி இத்தகைய விதைகள் முளைப்பதில்லை.

முடக்கத்தை நீக்கும் வழிகள்:

விதைகளின் முடக்கம் நடைமுறையில் மனிதனுக்கு ஒரு பிரச்சினை யாகும். ஏனென்றால் முடக்கத்திலிருக்கும் விதைகளை அவை முதிர்ந்தவுடனே முளைக்கவைக்க முடியாது. முடக்கம் நீங்கும் வரை காத்திருந்து அதன் பின்னரே விதைக்க வேண்டும். எனவே இப்படிப்பட்ட விதைகளின் முடக்கத்தை நீக்கி அவற்றை உடனே முளைக்கச் செய்யப் பல வழிகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வழிகள் முடக்கத்தின் காரணத்தைப் பொருத்து அமைவன வாகும்.

1. **கீறுதல்:** விதை யுறைகள் தண்ணீர், ஆக்சிஜன் ஆகியவை புக முடியாமலிருப்பது, கடினமாக இருப்பது முதலியன முடக்கத்தின் காரணமாயின் அவ் விதை யுறைகளைக் கீறிக் காயப்படுத்தினால் முடக்கத்தை நீக்கலாம். கல், மண் முதலியவற்றோடு சேர்த்து விதைகளைக் குலுக்குவது, ஆசிடுகள் விதை யுறையின் மேற்பரப்பை அரிக்கச் செய்வது முதலிய வழிகள் நடைமுறையில் கையாளப்படுவன வாகும். எம் முறையும் உள்ளிருக்கும் முளைக்குத் தீங்கு பயக்காமலிருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்ளவேண்டிய தவசியமாகும்.

2. **குறைந்த வெப்பம்:** அநேக முடக்க விதைகளைக் குறைவான வெப்பத்தில், அதாவது சுமார் 5—10° C யில், சில காலம் வைத்திருந்தால் அவற்றின் முடக்கம் நீங்குவதாகத் தெரிகிறது. குறைந்த வெப்பத்தாலேற்படும் உயிர்ப்பு விகித மாற்றமும், விதை யுறை மாற்றமும் முடக்கம் நீங்கக் காரணமாகின்றன வென்று தெரிகிறது.

3. **வெப்ப மாற்றம்:** சில முடக்க விதைகளை அதிக வெப்பத்திலும், குறைந்த வெப்பத்திலும் மாற்றி மாற்றி வைப்பதால் முடக்கம் நீங்குகிறது. இவ் வெப்பநிலைகள் பெரும்பாலும் நீருறை வெப்பத்துக்கு மேலதாய், உயர் வெப்பத்துக்கும் தாழ் வெப்பத்துக்கும் 10°C வித்தியாச முள்ளதாகவும் இருக்கின்றன. சில விதைகள் நீருறை வெப்பத்தால் முடக்க நீக்க மடையக்கூடு மென்றாலும், அநேக விதைகள் நீருறை வெப்பத்தில் இறந்துபோகின்றன.

4. **வெளிச்சம்:** சில விதைகள் வெளிச்ச மில்லாவிட்டால் முளையா வென்று முன்பு கூறப்பட்டது. இத்தகைய விதைகளில் வெளிச்சமே அவற்றின் முடக்கத்தை நீக்கப் போதுமானது.

5. **அமுக்கம்: மெலிலோட்டஸ் ஆல்பா** (Melilotus Alba), **மெடிகாகோசட்டைவா (Medicago sativa)** முதலிய தாவரங்களின் விதைகள் சுமார் 2000 மடங்கு வளிவெளி யமுக்கத்துக்கு உட்படுத்தப்படுவதால் முடக்க நீக்க மடைகின்றன. அதிக அமுக்கத்தால் விதை யுறையில் ஏற்படும் மாற்றமே இவற்றின் உறக்க நீக்கத்துக்குக் காரணமாகலா மென்று எண்ணப்படுகிறது.

விதைகளின் ஆயுள்: (Seed Viability) விதைகளின் ஆயுட் காலம் சில நாட்கள் முதல், பல ஆண்டுகள் வரை இருக்கலாம். கரும்பு விதைகளை மிகக் குறுகிய ஆயுளுள்ள விதைக்கு உதாரணமாகச் சொல்லலாம். தாய்த் தாவரத்திலிருந்து பிரிந்த சில நாட்களுக்குள் கரும்பு விதை முளைக்குந் திறனை இழந்துவிடுகிறது. பொதுவாகப் பல பயிர்த் தாவரங்களின் விதைகள் நீண்ட ஆயுளை உடையனவல்ல. ஆனால், அவரைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்ததாவரங்கள் பலவற்றின் விதைகள் பல ஆண்டுகள் ஆயுட்கால முடையனவாகும். **கேசியா பைகாப்சுலாரில்** (Cassia Bicapsularis), **கேசியா மல்டிஜுகா** (Cassia Multijuga) என்பனவற்றின் விதைகள் நூறு ஆண்டுகளுக்கு மேல் சென்ற பின்னும் முளைக்குந் திறனை உடைத்தாயிருக்கின்றன. தாமரையின் விதை நானூறு ஆண்டுகள் பூமியில் புதையுண்டிருந்த பிறகும் முளைக்கக் கூடுமென்று கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

11. தாவர அசைவுகள்

தாவரங்கள் இடம்விட்டு இடம் நகராமல் ஓரிடத்தில் வேரூன்றியிருந்தாலும் அவற்றின் பாகங்கள் நமக்குப் புலனாகாவண்ணம் மெதுவாகப் பல விதங்களில் அசைந்துகொண்டிருக்கின்றன. உதாரண

மாக இலைத் துளிர்கள் விரிவதும், மலர் மொக்குகள் மலர்வதும் தாவர அசைவுகளாகும்.

தாவர அசைவுகளை மூன்று பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை யாவன: 1. வளரசைவு (Growth movement), 2. உப்பலசைவு (Turgor movement), 3. நீருறசைவு (Hygnoscopic movement). இவற்றில் முன்னிரண்டும் உயிருள்ள செல்களின் செயலால் ஏற்படுவனவாகும். நீருறசைவு என்பது உயிரற்ற செல்களின் நீரளவு மாற்றத்தால் நிகழும் கனிவெடிப்பு, மகரந்தப்பை வெடிப்பு முதலியனவாகும். எனவே இங்கு முன்னிரண்டு அசைவுகளைப் பற்றி மட்டும் சற்று விரிவாகப் பார்க்கலாம்.

வளரசைவு:

வளரசைவு என்பது செல்களின் வளர்ச்சியாலோ அல்லது புதிய செல்கள் உண்டாவதாலோ, தாவரங்களின் அவயவங்களில் ஏற்படும் நிலை மாற்றங்களாகும்.

வளரசைவு 1. ஒருக்கணியசைவுகள் (Tropic movements), 2. நிலைமாற்றசைவுகள் (Nastic movements), 3. சுழலசைவு (Nutation) என மூன்று வகைப்படும்.

ஒருக்கணியசைவுகள்: சூழ்நிலை யமிசங்களால் ஒரு பக்கமாக ஏற்படும் தூண்டலைப் பொருத்து உண்டாகும் அசைவுகள் ஒருக்கணியசைவுகள் எனப்படும். இவ் வசைவுகள் தூண்டலின் திசையோடு ஒரு குறிப்பிட்ட வகையில் தொடர்புகொண்டிருக்கின்றன. ஒளி, ஈர்ப்பு, உராய்வு, ஈரம் ஆகியவையே ஒருக்கணியசைவுகளையுண்டாக்கும் அமிசங்களாகும்.

ஒளியொருக்கணிப்பு: (Phototropism): தண்டு, வேர், இலை ஆகிய மூன்று பிரதான பாகங்களும் ஒளிவரும் திசையைப் பொருத்து வெவ்வேறு விதமாக ஒருக்கணிக்கின்றன. பொதுவாகத் தண்டு ஒளி வருந் திசையை நோக்கி வளைகிறது. இது ஒளிசாரொருக்கணிப்பு (Positive phototropism) எனப்படும். வேர் ஒளி வருந் திசைக்கு எதிராக வளைகிறது. இது ஒளி யெதிரொருக்கணிப்பு (Negative phototropism) எனப்படும். இலை தனது மேற்பரப்பு ஒளி வருந் திசைக்கு நேர் குறுக்காக அமையும்படி ஒருக்கணிக்கிறது. சில தாவரங்களின் மலர்களும் மலர்க் கொத்துகளுங்கூட ஒளியொருக்கணிப்புறுகின்றன. உதாரணமாகச் சூரிய காந்தியின் மலர்க் கொத்து எப்போதும் சூரியன் இருக்குந் திசையை நோக்கி ஒருக் கணித்திருக்கிறது.

ஒளி யொருக்கணிப்பு நிகழுவதில் ஆக்சின் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. தாவர உறுப்புகளின் நீள் வளர்ச்சி ஆக்சின் செறிவால் அடக்கி யாளப்படுகிற தென்று முன்பே சொல்லப்பட்டது. தாவரத்தின் உறுப்புகள் ஒளிக்கு இலக்காகும்போது, அவற்றில் ஆக்சின் செறிவு மாற்றங்களேற்பட்டு ஒளி யொருக்கணிப்பு நிகழுகிற தென்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இது பற்றிய அறிவு பெரும்பாலும் **அவீஞ சட்டைவா** (Oats-Avena sativa) என்னும் தாவர முளைகளைக் கொண்டு செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து பெறப்பட்டுள்ளது. அவீஞ விதைகள் முளைக்கும்போது வளரும் கோலியாப்டைல் (Coleoptile) என்னும் உறுப்பு மிக நுண்மையான ஒளி யொருக்கணிப்பைக் காட்டக்கூடியதாகும். கோலியாப்டைல் தண்டிலத்தின் உறுப்பாதலால் அது ஒளி நேரொருக்கணிப்பைக் காட்டுகிறது. அதன் நுனியில் ஒரு திசையிலிருந்து ஒளி விழுந்தால் அத் திசையை நோக்கி அது வளைகிறது. ஒளிபடும் பக்கத்தைவிட எதிர்ப்பக்கத்தில் நுனிக்குக் கீழுள்ள செல்கள் அதிகமாக நீளுவதால் இவ் வளைவு ஏற்படுகிறது. நுனியிலுற்பத்தியாகும் ஆக்சினுனது ஒளிபடும் பக்கத்தை விட எதிர்ப்பக்கத்தில் நுனிக்குக் கீழே அதிகமாகச் செறிவதாகத் தெரியவந்துள்ளது. இதனுல் அதிக ஆக்சின் செறிவுள்ள நிழற் பக்கம், ஒளிப்பக்கத்தைவிட அதிகமாக வளர்ந்து நுனியை ஒளியை நோக்கி வளையச் செய்கிறது.

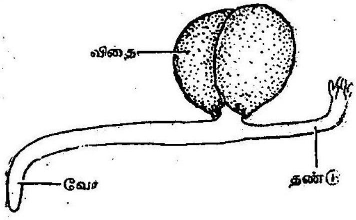
ஒரு பக்கமாக ஒளிபடும்போது, ஒளிபடும் பக்கத்திலும் எதிர்ப் பக்கத்திலும் ஆக்சின் செறிவு வேறுபடுவது, பல விதங்களில் நிகழலாம்.

1. ஒளிபடும் பக்கத்தில் ஒளியினுல் ஆக்சின் அழிக்கப்படலாம்.
2. ஒளிபடும் பக்கத்திலிருக்கும் ஆக்சின் நிழலான பக்கத்துக்கு ஊடுபரவிச் செல்லலாம்.
3. ஒளிபடும் பக்கத்தில் ஆக்சின் உற்பத்தியானது தடைப்படலாம்.

இம் மூன்று வழிகளில் இரண்டாவதுதான் பெரும்பாலும் நிகழுவதாக ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து தெரியவந்துள்ளது. ஆனுல், முதலாவதும் ஓரளவுக்கு நிகழலாமென்று தெரிகிறது.

ஈர்ப்பொருக்கணிப்பு (Geotropism): நேராக வளரும் ஒரு தொட்டிச் செடியைக் கிடையாக வைத்தால் அதன் தண்டில நுனி மேல் நோக்கி வளைகிறது; வேர்நுனி கீழ் நோக்கி வளைகிறது (படம் 52). இவ்வாறு புவியீர்ப்புக்கு எதிராக மேல் நோக்கித் தண்டி

லம் வளைவது ஈர்ப்பெதி ரொருக்கணிப்பு (Negative geotropism) எனவும், புவியீர்ப்பை நோக்கி வேர் வளைவது ஈர்ப்பு நேரொருக் கணிப்பு (Positive geotropism) எனவும் சொல்லப்படும்.



படம் 52.
ஈர்ப்பொருக்கணிப்பு சோதனை.

ஒரு செடியைக் கிடையாக வைத்து அதை மெதுவாகச் சுழற்றி புவியீர்ப்பானது ஒரே பக்கம் தொடர்ந்து செயல்படாமல், எல்லாப் பக்கங்களிலும் மாறிமாறிச் செயல்படுமாறு செய்தால், தண்டிலத்திலும், வேரிலும் ஈர்ப்பொருக் கணிப்பு நிகழுவதில்லை. இவ்வாறு கிடையான நிலையில் தாவரத்தைச் சுழற்றும் சாதனம் கிளைனோஸ்டாட் (Clinostat) எனப்படும்.

கிடையான ஒரு சக்கரத்தின் ஆரையில் வேர்நுனி வெளிப்புறமும், தண்டில நுனி மையத்தையும் நோக்கியிருக்கும்படிப் பொருத்திச் சக்கரத்தை வேகமாகச் சுழற்றினல் அப்போதும் ஈர்ப்பொருக் கணிப்பு ஏற்படுவதில்லை. ஏனெனில் சச்கரஞ் சுழலுவதாலேற்படும் வெளிவீச்சுச் சக்தி (Centrifugal force) புவியீர்ப்புக் சக்தியைவிட அதிகரிப்பதால் அவ் வீச்சுச் சக்தியை நோக்கி வேரும், எதிராகத் தண்டிலமும் கிடையாகவே வளருகின்றன. ஆனல், சக்கரஞ் சுழலும் வேகத்தைக் குறைத்துப் புவியீர்ப்புச்சக்தியைவிட வீச்சுச்சக்தியைக் குறைத்தால் ஈர்ப்பொருக்கணிப்பு ஏற்படுகிறது.

ஒளியொருக்கணிப்பைப்போலவே ஈர்ப்பொருக்கணிப்பும் ஆக்சினின் செறிவு வேறுபாட்டால் ஏற்படுவதாகத் தெரிகிறது. ஆக்சின் செறிவு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குமே லதிகரித்தால் வளர்ச்சி தடைபடுமென்று முன்பே சொல்லப்பட்டது. தண்டும் வேரும் ஆக்சின் செறிவைப் பொருத்தவரை வெவ்வேறு விதமாகச் செயல்படுகின்றன. பொதுவாக ஆக்சின் ஈர்ப்பை நோக்கி யிருக்கும் பக்கத்தில் எதிர்ப் பக்கத்தைவிட அதிகமாகச் சேருகிறது. இதனல் தண்டு முனையில் ஈர்ப்பை நோக்கியிருக்கும் பக்கத்தில் அதிக வளர்ச்சி ஏற்பட்டுத் தண்டுமுனை மேல் நோக்கி வளைகிறது. ஆனல் தண்டில் வளர்ச்சியை அதிகரிக்கும் அதே ஆக்சின் செறிவால் வேரில் வளர்ச்சி தடைபடுகிறது. எனவே வேர்முனை கீழ்நோக்கி வளைகிறது. மற்றும் வேரில் ஈர்ப்பொருக்கணிப்பை ஏற்படுத்துவதில் வேர்நுனி மிக முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. நுனி நீக்கப்பட்ட வேர் ஈர்ப்பொருக்

கணிப்பைக் காட்டுவதில்லை. தண்டிலும், தண்டிலமுனை ஈர்ப் பொருக்கணிப்பை யுண்டாக்குவதில் முக்கிய பங்கு பெற்றாலும் வேரைப்போல் அவ்வளவு அவசியமானதல்ல. முனை நீக்கப்பட்ட பின்னரும் தண்டில் ஈர்ப்பொருக்கணிப்பு கணிசமான அளவு ஏற்படு கிறது. தண்டிலமுனை மட்டுமன்றித் தண்டு முழுதுமே ஈர்ப்பால் ஒருக்கணிக்குந் தன்மையைப் பெற்றிருக்கிறது.

உராய்வொருக்கணிப்பு (Thigmotnopism): தாவரங்களின் பாகங் கள் திடப் பொருள்களின்மேல் உராய்வதால் ஏற்படும் வளைவுகள் உராய்வொருக்கணிப் பெனப்படும். இவ் வொருக்கணிப்புத் தாவரங் களின் சுருளி (Tendril)களில் மிக நன்றாகக் காணப்படுகிறது. சுருளி யின் நுனியை ஒரு குச்சியால் உரசினால் அது உடனே வளைந்து அக் குச்சியைச் சுற்றிக்கொள்ளத் தொடங்குகிறது. உரசப்படும் பக் கத்தைவிட எதிர்ப் பக்கத்தில் அதிக வளர்ச்சி ஏற்படுவதால் இவ் வளைவு உண்டாகிறது. ஒரு நிமிசத்துக்கும் குறைவான நேரத்தில் இவ்வளைவு ஏற்படுகிறது. விரைவில் சுருளியின் நுனி தான் உரசிக் கொண்டிருக்கும் திட வஸ்துவைச் சுற்றி இறுக்கமாகப் பற்றிக்கொள் ளுகிறது. உராய்வொருக்கணிப்பு எவ்வாறு ஏற்படுகிறதென்று தெளிவாகத் தெரியவில்லை

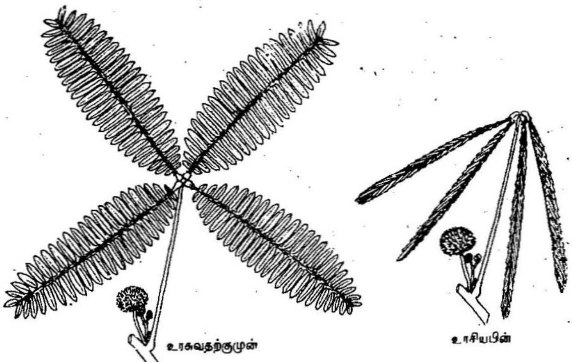
நீரொருக்கணிப்பு (Hydrotropism) : தாவரங்களின் வேர்கள் பொதுவாக மண்ணில் ஈரமுள்ள இடத்தை நோக்கி வளருகின்றன. இவ்வாறு வேர்கள் ஈரத்தை நோக்கி வளைவது நீர்நேரொருக்கணிப்பு (Positive hydrotropism) எனப்படும். ஆனால், பெரும்பான்மையான தாவரங்களில் நீரொருக்கணிப்பைவிட ஈர்ப்பொருக்கணிப்பே பலம் பொருந்தியதாக இருக்கிறது. பூசணிக் குடும்பம், அவரைக் குடும் பம் முதலியவற்றைச் சேர்ந்த சில தாவரங்களின் வேர்கள் மட்டும் அதிகமான நீரொருக்கணிப்பைக் காட்டுகின்றன. மற்ற ஒருக் கணிப்புகளைப்போலவே நீரொருக்கணிப்பும் எதிர்ப் பக்கங்களில் ஏற் படும் வளர்ச்சி வித்தியாசத்தா லுண்டாகிறது. ஆனால், இது எத னால் ஏற்படுகிறது என்று தெரியவில்லை

நிலைமாறசைவுகள் (Nastic movements) : சூழ்நிலை யமிசத் தைப் பொருத்து ஒரு குறிப்பிட்ட திக்கில் நிகழாமல் தாவரத்தின் உறுப்புகளில் ஏற்படும் நிலைமாற்றங்களே நிலைமாறசைவுகளாகும். உதாரணமாகப் பல தாவரங்களின் இலைகள் பகலிலும் இரவிலும் வெவ்வேறு விதமாகச் சாய்ந்திருக்கின்றன. சில தாவரங்களின் இலைகள் இரவில் சாய்ந்து மடங்கிப் பகலில் நிமிர்ந்திருக்கின்றன. மற்றும் சில தாவரங்களில் பகலில் வெப்பமிருக்கும்போது சாய்ந்து மடங்கி, வெப்பங் குறையும்போதும் இரவிலும் நிமிர்ந்துகொள்ளு

கின்றன. தாமரை மலர்கள் இரவில் மூடிப் பகலில் மலருவதும், இதற்கு எதிர்மாறான மாற்றம் அல்லி மலர்களில் ஏற்படுவதும் நிலை மாறசைவுகளாகும்.

நிலைமாறசைவுகளும் வளர்ச்சியசைவுகளாகையால் இவையும் ஆக்சின் செறிவு, வினியோகம் ஆகியவற்றோடு தொடர்புகொண்டனவாகத் தெரிகின்றன. உதாரணமாகப் புகையிலையின் இலைக் காம்புகளுக்குச் சிறிதளவு ஆக்சின் பூசுவதால் அவற்றில் செயற்கையாக நிலைமாறசைவுகளை ஏற்படுத்தக்கூடுமென்று கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது.

சுழலசைவுகள் (Nutation) : தண்டின்முனை நேராக மேல் நோக்கி வளருவதாகத் தோன்றினாலும் நுணுக்கமாகக் கவனித்தால், தண்டின் நுனி ஒழுங்கில்லாமல் சுற்றிச் சுழன்றசைந்துகொண்டே வளருகிறதென்று தெரிகிறது. இவ்வாறு தண்டின் நுனி சுழன்றசைந்து வளருவது சுழலசைவு எனப்படும். தண்டின் வளர்முனையானது அதன் சுற்றுப்பரப்பின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் வெவ்வேறு வேகங்களில் மாறிமாறி வளருவதே சுழலசைவை ஏற்படுத்துகிறது. பிற கொம்புகளைச் சுற்றி ஏறும் கொடிகளின் வளர்ச்சியில் சுழலசைவு நன்கு புலனாகிறது.



படம் 53.
தொட்டாற் சுருங்கிச் செடியின் இலையில் காணப்படும் உரசலசைவு.

உப்பலசைவுகள் (Turgor movements) : வளர்ச்சியசைவுகளின் போது ஏற்படும் நிரந்தர மாற்றத்தைப் போலல்லாமல் மீண்டும் பழைய நிலைக்கு மீளக்கூடிய பல அசைவுகள் தாவரங்களில் காணப் படுகின்றன. இவ் வசைவுகள் செல்களின் உப்பல் அதிகரிப்பதாலும்

குறைவதாலும் ஏற்படும் செல் பரிமாண மாற்றங்களால் உண்டாகிறது. எனவே இவை உப்பலசைவுகள் எனப்படுகின்றன. பல புல் தாவரங்களின் இலைகள் வறட்சியால் சுருண்டுகொள்ளுவதும், தூங்குமூஞ்சி மரம் போன்றவைகளின் இலைகள் மடிவதும் உப்பலசைவுகளாகும்.

உப்பலசைவுகளில் மிகப் பிரசித்தமானது தொட்டாற் சுருங்கிச் செடியின் (Mimosa pudica) இலையசைவாகும். இதன் கூட்டிலைகளை ஏதாவதொரு திடப் பொருள் தொட்டு உரசினுல் வெகு விரைவில் மடங்கிக்கொள்ளுகின்றன (படம் 53). உரசலின் தீவிரத்தைப் பொருத்துக் கூட்டிலையின் ஒரு சில சிற்றிலைகளோ, அல்லது கூட்டிலைகள் பலவோ படிப்படியாக மடங்குகின்றன. உரசல்நேர்ந்த 0·075 விநாடியில் இதன் உப்பலசைவு ஏற்படுவதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த உப்பலசைவுக்குக் காரணம், இலைக் காம்புகள் தண்டோடு பொருந்தியிருக்கும் பொருத்திலும், சிற்றிலைகள் இலைக் காம்பினேடு பொருந்தியிருக்கும் பொருத்துக்களிலும் இருக்கும் பல்வைனஸ் என்னும் பாகத்திலுள்ள செல்களிலேற்படும் உப்பல் மாற்றங்களேயாகும். இலைகள் உரசப்பட்டவுடனே பல்வைனஸ் திசுவின் கீழ்ப் பக்கச் செல்களில் உப்பல் குறைந்து மேல் பக்கச் செல்களில் அதிகரிப்பதால் இலைகள் கீழ் நோக்கி மடங்குகின்றன. உரசப்பட்ட இடத்துக்கு மிக அருகிலிருக்கும் பல்வைனசில் முதலிலுண்டாகும் இவ் வுப்பல் மாற்றம் உரசலின் தீவிரத்தைப் பொருத்துப் படிப்படியாக அடுத்துள்ள ஒரு சில பல்வைனஸ்களுக்கோ அல்லது பல பல்வைனஸ்களுக்கோ பரவுகிறது. இதனுல் அவ் விலைகளும் படிப்படியாக மடிந்துகொள்ளுகின்றன. ஆனுல், இத் தாவரத்தில் இவ்வாறு உப்பல் மாற்றங்களை உண்டாக்கும் சூக்குமம் என்னவென்று இன்னும் சரியாகத் தெரியவில்லை.

கலைச் சொற்கள்

[தமிழ்—ஆங்கிலம்]

அ

அகலமிசங்கள்	— Remote factors
அக்கேசியா	— *Acacia*
அசிடோன்	— Acetone
அசெடோ பேக்டர்	— *Azetobacter*
அடவி, காடு	— Forest
அடிநீர்மட்டம்	— Water table
அடினின்	— Adenine
அடினோசைன் டிரை ஃபாஸ்ஃபேட்	— Adenosine tri Phosphate — A T P
அடையாள உறுப்பு	— Vestigeal organ
அதிபூதாக்கதிர்கள்	— Ultra violet rays
அமிலேஸ்	— Amylase
அமோனியா	— Ammonia
அமோனிபையிங்	— Ammonifying
அலுமினியம் சிலிகேட்	— Aluminium silicate
அல்லி	— *Nympharea*
அவிசீனியா	— *Avicennia*
அவீனா சட்டைவா	— *Avena Sativa*
அனயனிகள்	— Anions

ஆ

ஆக்சலோ அசிடிக் ஆசிட்	— Oxalo acetic acid
ஆக்சின்	— Auxin
ஆக்சிஜன்	— Oxygen
ஆக்சீகரணம்	— Oxidation
ஆக்சலோனிக் ஆசிட்	— Auxenolonic acid

ஆக்சென் டிரையோலிக் ஆசிட் — Auxentriolic acid
ஆக்டிவ் அசிடேட் — Active acetate
ஆர்க்கிடு — Orchid
ஆல்ஃபால்பா — *Alfalfa*
ஆல்பிரட் ரஸ்ஸல்வாலஸ் — Alfred RusselWallace
ஆஸ்டர் — *Aster*
ஆஸ்திரேலியன் — Australian

ஃ

ஃபார்மரின் போட்டோமீட்டர் — Farmer's Potometer
ஃ ான் மோல் — Van mohl
ஃபிளேவின் — Flavin
ஃபிரக்டோஸ்டை ஃபாஸ்ஃபேட் — Fructose diphosphate
ஃபெல்டுஸ்பார் — Feldspar
ஃபைகஸ் அயூரியா — *Ficus aurea*
ஃபைட்டோ ஸ்டீரால் — Phytosterol

இ

இணைவாற்றல் — Cohesvie Force
இயங்கியல் — Physiology
இயல்பி — Gene
இயைபு வெப்பம் — Optimum temperature
இருட்கிரியைகள் — Dark reactions
இரும்பு — Iron
இருவிதையிலையி — Dicotyledon
இலையுதிர் ஈரக்காடு — Moist deciduous forest
இலையுதிர் உலர்காடு — Dry deciduous forest
இலையுதிர் காடு — Deciduous forest
இன்டால் 3, அசிடிக் ஆசிட் — Indole 3 acetic acid

ஈ

ஈர்ப்பு சாரொருக்கணிப்பு — Positive geotropism
ஈர்ப்பெதி ரொருக்கணிப்பு — Negative geotropism
ஈர்ப்பொருக்கணிப்பு — Geotropism
ஈஸ்ட் — Yeast
ஈனொத்திரா லாமார்க்கியானு — *Oenothera lamarchiana*

உ

உடலப்பயிர்கள் — Vegetative crops
உடலினப்பெருக்கம் — Vegetative reproduction
உந்து சக்தி — Activation energy

உப்பலசைவு — Turgor movement
உப்பலழுத்தம் — Turgor pressure
உப்பல் — Turgor
உப்புத்தாவரங்கள் — Halophytes
உயிரிலம் — CytoPlasm
உயிர்த்தாது — Organic compound
உயிர்ப்பு — Respiration
உயிர்ப்புக்குப்பி — Respiroscope
உயிர்ப்பு மானி — Respirometer
உயிர்ப்பு விகிதம் — Respiratory quotient
உயிர் மரூஉ — Organic evolution
உயிர் வேதியியல் — Biochemistry
உராங் உடான் — *Urangutan*
உராய்வொருக் கணிப்பு — Tnigmotropism
உலரெடை — Dry weight
உல்ஃபியா — *Wolfia*

ஊ

ஊடு தெரிவு — Transparency
ஊடு பரவல் — Diffusion

எ

எதிர்ப்பாதனை — Reaction
எதைல் ஆல்கஹால் — Ethyl alcohol
எதைல் ஈதர் — Ethyl ether
எத்தியோப்பியன் — Ethiopian
எபிதம் — Epithem
எர்னஸ்ட் ஹெக்கல் — Ernest hackel
எலோடியா — *Elodea*
எல்க் — Elk
என்சைம் — Enzyme
எண்டோ பிளாஸ்மிக் ரெட்டிகுலம் — Endoplasmic reticulum
ஏஸ்கினுமினி — *Aeschynomene*

ஏ

ஏரங்கைமா — Aeranchyma

ஐ

ஐக்கோர்னியா — *Eichhornia*
ஐங்கரிச் சர்க்கரை — Pentose sugar
ஐங்கரியம் — Pentosan
ஐப்போமியா — *Ipomoea*

ஒ

ஒடுங்கியல்பு — Recessive Character
ஒட்டாற்றல் — Adhesive force
ஒட்டுண்ணி — Parasite
ஒபோசம் — Opossum
ஒப்புக்காற்றீரம் — Relative humidity
ஒருக்கணி யசைவுகள் — Tropic movements
ஒருவிதையிலையி Monocotyledon
ஒளிக்கிரியைகள் — Light reactions
ஒளிசா ரொருக்கணிப்பு — Possitive Phototropism
ஒளிச்சேர்க்கை — Photosynthesis
ஒளித்தடுப்பு — Light screen
ஒளியாக்சீகரணம் — Photo-oxidation
ஒளியெதி ரொருக்கணிப்பு — Negative phototropism
ஒளியொருக்கணிப்பு — Phototropism

ஓ

ஓங்கியல்பு — Dominant character
ஓங்கொடுங்குவிதி — Law of Dominance and Recession
ஓரியன்டல் — Oriental

க

கங்காரு — Kangaroo
கரியெய்தல் — Carbonation
கருவியல் — Embryol gy
கரைசல் - Solution
கரோட்டினுய்டு — Carotinoid
கலபகாஸ் — Galapogos
கலவியினப் பெருக்கம் — Sexual reproduction
களிமண் — Clay
காடித்தன்மை, காடிமை — Acidity
காடித்தாவரங்கள் — Oxylophytes
காப்பிலரி நீர் — Capillary water
காப்பிலாரிட்டி — Capillarity
காப்புச் செல் — Gaurd cell
காரமை, காரத்தன்மை — Alkalinity
காராலுமா — *Cara lluma*
காரிபூ — Cari bou
காரென்ஸ் — Correns

கார்பன் டை ஆக்சைடு	—	Carpon di-oxide
கார்பன்டை சல்பைடு	—	Carbon-di-sulphide
கார்போ ஹைட்ரேட்	—	Carbohydrate
கால்சியம்	—	Calcium
காஸ்மாஸ்	—	*Cosmos*
கிடைமைக்கிராஸ்கோப்	—	Horizantal microseope
கியூட்டிகிள்	—	Cuticle
கியூட்டிகிள் நீராவிப்போக்கு	—	Cuiticular transpiration
கியூட்டின்	—	Cutin
கிரப்சுழல்	—	Kreb's cycle
கிரானா	—	Grana
கிளமென்ட்ஸ்	—	*Clements*
கிளாடோடு	—	Cladode
கிளைகாலிசிஸ்	—	Glycolysis
கிளைனோஸ்டாட்	—	Clinostat
α கீட்டோ குளூடாரிக் ஆசிட்	—	α Keto glutaric acid
குடல்வால்	—	Vermiform appendix
குயானின்	—	Guanine
குவார்ட்ஸ்	—	Quartz
குழலம்	—	Stele
குழுச்சூழ்நிலையியல்	—	Syrecology
குளிரிரத்தவிலங்கு	—	Cold blooded animal
குளிர்த்தாவரங்கள்	—	Psychrophytes
குளோரங்கைமா	—	Chlorenchyma
குளோபுலின்	—	Globulin
குளோரோஃபார்ம்	—	Chloroform
குளோஸ்ட்ரிடியம்	—	*Clostridium*
குறுக்குரேகை	—	Latitude
குறும்பகல்தாவரங்கள்	—	Short day plants
குறைப்பிரட்டிப்பு	—	Reduction division
கூட்டு நொதி A	—	Coenzyme A
கூட்டிணைவுக்கோட்பாடு	—	Cohesion theory
கூட்டிலை	—	Compound leaf
கூட்டுப்பாதனை	—	Coaction
கூம்பி	—	Funnel
கெட்டித்தண்டுதாவரம்	—	Woody plants
கேசயனி	—	Cation

கேசியா பைகாப்சுலாரிஸ் — *Cassia bicapsularis*
கேசியர மல்டிஜுகோ — *Cassia multijugo*
கேமீட் — Gamete
கேமோடாப்னி — *Chemodaphne*
கேளா விரைவலைகள் — Supersonic vibrations
கேனுஸ் போட்டோமீட்டர் — Ganong's potometer
கொடிக்கள்ளி — *Euphorhia tirucalli*
கொணர்மண் — Transported soil
கொல்லாடியான் — Collodion
கொல்லாய்டு — Colloid
கொரில்லா — Gorilla
கொழுப்பு — Fat
கோபால்ட்குளோரைடு — Cobalt chloride
கோலியாப்டைல் — Coleoptile

ச

சக்சினிக் ஆசிட் — Succinic acid
சதப்பை — Succulence
சதுரக்கள்ளி — *Euphorbia antiquorum*
சரிவுமண் — Colluvial soil
சல்பர் டை ஆக்சைடு — Sulphur dioxide
சப்பாத்தி — *Opuntia*
சவுக்கு — *Casuarina*
சவ்வூடுபரவமுக்கமானி — Osmometer
சவ்வூடுபரவல் — Osmosis
சார்க்கோஸ்டெம்மா — *Sarcostemma*
சார்லஸ் டார்வின் — *Charles Darwin*
சாலிகோர்னியா — *Salicornia*
சாறேற்றம் — Ascent of sap
சாறுண்ணி — Saprophyte
சிட்ரிக் ஆசிட் — Citric acid
சிட்ரிக் ஆசிட் சுழல் — Citric acid cycle
சிம்பான்சி — *Chimpanze*
சிலிகா — Silica
சின்னியா — *Zinnia*
சிஸ்டைன் — Cystine
சீரியஸ் — *Cereus*

சுண்ணும்பு — Lime
சுவாச வேர்கள் — Breathing roots
சுருளி — Tendril
சுழலசைவு — Nutation
சுழலாஃபாஸ்ஃபாரிலேஷன் — Non-cyclic phosphorylation
சுழல்ஃபாஸ்ஃபாரிலேஷன் — Cyclic phosphoryla tion
சுற்றுப்புறம், வாழிடம் — Habitat
சூழுயிர்கள் — Biotic factors
சூழ்நிலையியல் — Ecology
செரடோஃபில்லம் — Ceratophyllum
செர்மார்க் — Tscher mark
செல்சவ்வு — Cell membrane
செல்சுவர் — Cell wall
செல்லிடைவெளி — Intercellular space
செல்லிரட்டிப்பு — Cell division
செல்லுலோஸ் -- Cellulose
செல்லுருமாற்றம் — Cell differentiation
செறிவு — Concentration
சைடொசின் — Cytosine
சைட்டொபிளாசம் — Cytoplasm
சைட்டோகுரோம் — Cytochrome
சைட்டோகுரோம்ஆக்சிடேஸ் — Cytochrome oxidase
சோலரைசேஷன் — Solarisation

ட

டபீர் — Tabir
டாபன் மயர் — Daubenmyer
டாமரிக்ஸ் — *Tamarix*
டார்சியர் — Tarsier
டிக்சன் — Dixon
டிட்டானியம் — Titanium
டியாக்சிரைபோ நியூக்ளிக் ஆசிட் — Deoxy ribo nucleic acid
டியூபர் — Tuber
டிராக்கிடு -- Tracheid
டிரான்ஸ்பிரேஷன்; நீராவிப்போக்கு — Tıanspiration
டிரிப்சின் — Trypsin
டிரைபால்மிடின் — Tripalmitin

டெர்ஷியரி — Tertiary
2,4 டைகுளோரோ பீனுக்சி அசிடிக்ஆசிட் — 2,4 Dichlorophenoxy acetic-acid
டைஃபா — *Typha*

த

தகவமைவு — Adaptation
தண்டிலம் — Shoot system
தனிகூர்விதி — Law of segregation
தனிச்சூழ்நிலையியல் — Autecology
தனித்தியங்குவிதி — Law of independent assortment
தனிப்படுவழிகள் — Isolating mechanisms
தனியிலை — Simple leaf
தாமரை — *Nelumbium*
தாவரணி — Flora
தரவரச் செறிவு — Vegetation
தாவரப்பூகோளிகர் — Phytogeographer
திசல்பனல் — Thistle funnel
திண்வெப்பம் — Specific heat
திமிங்கலம் — Whale
துவைதல் — Coagulability
தையமின் — Thamine

ந

நடுமை — Neutral
நடுலேமெல்லா — Middle lamella
நாஜஸ் — *Najas*
நியூக்ளிக் ஆசிட் — Nucleic acid
நியூக்ளியோ புரொட்டீன் — Nucleo protein
நியூக்ளியஸ் — Nucleus
நியூட்ரல் கொழுப்பு — Neutral fat
நியோடிராபிகல் — Neo-tropical
நிலநடுக்கோடு — Equator
நிலைமண் — Residual soil
நிலைமாற சைவுகள் — Nastic movements
நிலையாநிலை — Unstable
நிழல்சகிக்காதன — Intolerant
நிழல்சகிப்பன — Tolerant

நீக்கரணம் — Reduction
நீண்டுசுருங்கல் — Elasticity
நீரறுவாழிடம் — Physically dry habitat
நீருகுத்தல் — Guttation
நீருறசைவு — Hygroscopic movement
நீரூடுபரவழுத்தம் — Diffusion pressure
நீரூடுபரவழுத்தக்குறை — Diffusion pressure deficit
நீரெய்தல் — Hydration
நீரெய்திய அலிமினியம் செஸ்குவி ஆக்சைடு — Hydrated aluminium sesquioxide
நீரொருக்கணிப்பு — Hydrotropism
நீர்கொள்திறன் — Water retainig capacity
நீர்க்கோர்வு — Field capacity
நீர்சேமிப்புத்திசு — Water storage tissue
நீர்தவிர்ப்பு — Hydrolysis
நீர்தராவாழிடம் — Physiologically dry habitat
நீர்த்தாவரங்கள் — Hydrophytes
நீர்நசிதல், நீர்நசிவு — Hydrolysis
நீர்நேரொருக்கணிப்பு — Positive hydrotropism
நீள்பகற்தாவரங்கள் — Long day plants
நீள்ரேகை — Longitude
நுண்மணல் — Silt
நுழையாநுழைச்சவ்வு — Differentially Permeable Membrane
நெமட்டோடு — Nematode
நேகலி — **Nageli**
ஆல்பா நேப்தலின் அசிடிக் ஆசிட் — Alpha napthelin acetic acid
ஆல்பா நேப்தாக்சி அசிடிக் ஆசிட் — Alpha napthoxy acetic acid
நேரடி அமிசங்கள் — Direct factors
நைட்ரஜன் — Nitrogen
நைட்ரைட் — Nitrite
நைட்ரேட் — Nitrate
நைட்ரஜன் நிலைகூர் பாக்டீரியங்கள் — Nitrogen fixing bacteria
நைட்ரஜன் நிற்கும் பாக்டீரியங்கள் — Denitrifying bactcria
நைட்ரஜன் மாற்றும் பாக்டீரியங்கள் — Nitrifying bacteria
நொதி — Enzyme
நொதிப்பிக்கும் பாக்டீரியங்கள் — Fermenting bacteria

ப

பகல் மதியாத் தாவரங்கள் — Day neutral plants
பசுணி — Chloroplast
பசுநீலப் பாசி — Blue green algae
பசை நீர் — Hygroscopic water
பச்சையம் — Chlorophyll
பயோட்டின் — Biotin
பல் கரிச் சர்க்கரைகள் — Polysachharides
பன்மடங்கி — Polyploid
பாக்டீரியங்கள் — Bacteria
பாக்டீரியம் — Bacterium
பாதனை — Action
பத்திரம் — Lamina
பாயின் செட்டியா — *Poinsettia*
பாய்தல் — Streaming
பார்க்கின் சோனியா — *Parkinsonia*
பாலிசேட் — Palisade
பாலினப் பெருக்கம் — Sexual reproduction
பாலூட்டிகள் — Mammals
பாறைத் தாவரங்கள் — Lithophytes
பாஸ்ஃபரஸ் — Phosphorous
பாஸ்ஃபாரிக் ஆசிட் — Phosphoric acid
பாஸ்ஃபேடைடு — Phosphatide
பாஸ்ஃபோகிளிசிரிக் ஆசிட் — Phosphoglyceric acid-PGA
பாஸ்ஃபோகிளிசிரால் டிஹைடு — Phosphoglyceral dehyde-PGAL
பிசுக்கு — Viscosity
பியூமாரிக் ஆசிட் — Fumaric acid
பிரமிடின் — Pyramidine
பிரையோஃபில்லம் — *Bryophyllum*
பில்லோடு — Phyllode
பிளாடிபஸ் — Platypus
பிளாஸ்டிடு — Plastid
பிளாஸ்மோடியம் — *Plasmodium*
பிளியோசீன் — Pleiocene
பிளிஸ்டொசீன் — Pleistocene
பியூரின் — Purine
பிற்சுவர் — Secondary wall
பிஸ்டியா — *Pistia*

பீகிள் — Beagle
பீழைப் பூண்டு — *Aerva*
புதையுயிர் — Fossil
புரொட்டீன் — Protein
புரொட்டோ சோவா — Protozoa
புள்ளியியல் — Statistics
புறணி — Cortex
பூகற்பசகாப்தம் — Geological era
பூச்சியுண்ணித் தாவரம் — Insectivorus Plants
பூஞ்சனம் — Fungus
பெட்டன்காஃபர் குழல் — Pettenkoffer tube
பேரியம் கார்பனேட் — Barium carbonate
பேரியம் ஹைட்ராக்சைடு — Barium hydroxide
பைரூவிக் ஆசிட் — Pyruvic acid
பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு — Potassium hydroxide
பொட்டாஷ் — Potash
போட்ட மாஜிடான் — *Potomogeton*
போட்டோ மீட்டர் — Potometer
பௌதிக அமிசங்கள் — Physical factors
பௌதியல்பு — Physical property

ம

மக்னீசியம் — Magnesium
மட்கு — Humus
மட்குண்ணி — Saprophyte
மணல் — Sand
மணல் தாவரங்கள் — Psammophytes
மண் — Soil
மண்ணமைப்பு — Soil structure
மண்ணியைபு — Soil composition
மண்நீர் — Soil water
மண் காற்று — Soil air
மரபியல் — Genetics
மரபுரு — Genotype
மருஉ — Evolution
மலை மண் — Mountain soil
மறித்துக் கலத்தல் — Back crossing
மறைமுக அமிசங்கள் — Indirect factors
மாங் ரூவ் — Mangrove

மாலிக் ஆசிட்	— Malic acid
மாலிக்யூல்	— Molecule
மாலிப்டினம்	— Molybdenum
மால்தஸ்	— Malthus
மாருப் பசுமை இலையுதிர்காடு	— Tropical deciduous Evergreen forest
மாருப் பசுமை மழை வெப்பக் காடு	— Tropical evergreen rain forest
மாஸ்கள்	— Mosses
மிட்டோகோன்ரியம்	— Mitochondrion
மிதக்கும் நீர்த்தாவரங்கள்	— Floating hydrophytes
மியூடேசன், நுண்மரூஉ	— Mutation
மில்லி மைக்ரான்	— Millimicron
மின்காந்தக் கதிரலை	— Electro magnetic wave
மின்ஞெளிர்வு	— Fluorescense
மீசோஃபில்	— Mesophyll
மீளா மாற்றம்	— Irreversible change
முட் காடு	— Scrub forest
முதற் சுவர்	— Primary wall
மூடு திறப்பி	— Stop cock
மூழ்கிய நீர்த்தாவரங்கள்	— Submerged hydrophytes
மெடிகாகோ சட்டைவா	— *Medicago sativa*
மெலி லோட்டஸ் ஆல்பா	— *Melilotus alba*
மேலமரி	— Epiphyte
மேலாவுண்ணி	— Surface feeder
மேலெட்டிய நீர்த்தாவரங்கள்	— Emersed or amphibious hydrophytes
மொத்தக் காற்றீரம்	— Absolute humidity
மோனோசேக்கரைடு	— Monosachharid
மைகா	— Mica
மைகோஃரைசா	— Micorhiza
மைசெல்கள்	— Miellae
மைட்டாசிஸ்	— Mitosis
மைமோஸா பூடிகா	— *Mimosa pudica*
யூட்ரிகுலேரியா	— *Utricularia*
ரிட்டர்	— Riter
ரீசஸ் குரங்கு	— Rhesus monkey
ரேடியேஷன்	— Radiation
ரைஃசோபியம்	— Rhizobium
ரைசோம்	— *Rhizome*

ரைபொசோம் — Ribosome
ரைஃசோஸ்ஃபியர் — Rhizosphere
ரைபுலோஸ்டைஃபாஸ்ஃபேட் — Ribulose diphosphate RDP
ரைபுலோஸ்ஃபாஸ்ஃபேட் — Ribulose phospate-RP

ல

லாமார்க் — Lamrack
லிக்னினூட்டம் — Lignification
லிக்னின் — Lignin
லிப்போ புரொட்டீன் — Lipoprotein
லிம்னோஃபில்லா — Limnophylla
லில்லி — Lily
லினேயஸ் கழகம் — Linnaeus society
லெம்னு — *Lemna*
லெண்டிசெல் — Lenticel
லேக்டிக் ஆசிட் — Lactic acid
லேட்டிரைட் — Laterite
லைக்கன் — Lichen
லைசொசோம் — Lyzozome
லையல் — Lyell

வ

வடிமண் — Alluvial soil
வறட்சித்தாவரங்கள் — Xerophytes
வரம்பமைவு — Limiting factors
வளமைத் தாவரங்கள் — Mesophytes
வளியறுயிரி — Anaerobe
வளியறுயிர்ப்பு — Anaerobic respiration
வளரசைவு — Growth movement
வளியுயிரி — Aerobe
வளியுயிர்ப்பு — Aerobic respiration
வளிவெளி — Atmosphere
வாக்கினியம் — *Vaccinium*
வாட்டநிலை — Wilting point
வாய்ப்பு நிகழ்ச்சி — chance event
வார்பர்க் கருவி — Warburg apparatus
வார்மிங் — Warming
வாலிஸ்னேரியா — *Vallisneria*
விதை முடக்கம் — Seed dormancy
விரவு — Distribution
விலங்கியல் — Zoology

விஸ்கம் ஆல்பம் — *Viscum album*
வீஸ்மேன் — Weismann
வெண்கரடி — White polar bear
வெளியுரு — phenotype
வெளிவளி — Atmospheric air
வெளிவீச்சுச் சக்தி — Centrifugal force
வேக்யூல் — Vacuole
வேதிய அமிசங்கள் — Chemical factors
வேரழுத்தம் — Root pressure
வேரிலம் — Root system
வேர்த்தூவி — Root hair

ஜ

ஜிங்கோபைலோபா — *Ginkgo biloba*
ஜிலேஷன் — Gelation
ஜீன், இயல்பி — Gene
ஜொஹான் கிரிகர் மெண்டல் — Johan gregor mendel

ஸ

ஸ்கிர்பஸ் — Scirpus
ஸ்டார்ச் — Starch
ஸ்டோமா — Stoma
ஸ்டோமாக்கள் — Stomata
ஸ்ட்ராபெரி — Strawberry
ஸ்ட்ரோமா — Stroma
ஸ்பாஞ்சிதிசு — Spongy tissue
ஸ்ஃபேக்னம் — *Sphagnum*
ஸ்பைனிஃபெக்ஸ் — *Spinifex*
ஸ்லாத் — Sloth

ஷ

ஷிம்பர் — Schimper

ஹ

ஹார்மோன் — Harmone
ஹியூகோ டிவ்ரிஸ் — Hugo de vries
ஹீரேசியம் — *Hieracium*
ஹூக்கர் — Hooker
ஹெட்டிரோ ஆக்சின் — Hetero auxin
ஹென்ஸ்லோ — Henslow
ஹைகிரோஃபில்லா — *Hygrophilla*
ஹைட்ரஜன் — Hydrogen
ஹைட்ரில்லா — *Hydrilla*
ஹோலார்க்டிக் — Holarctic

கலைச் சொற்கள்

[ஆங்கிலம் - தமிழ்]

A

Absolute humidity — மொத்தக்காற்றீரம்
Acacia — அக்கேசியா
Acetone — அசிடோன்
Acidity — காடித்தன்மை, காடிமை
Action — பாதனை
Activation energy — உந்து சக்தி
Active acetate — ஆக்டிவ் அசிடேட்
Adaptation — தகவமைவு
Adenine — அடினின்
Adenosine di phosphate — அடினோசைன்டைஃபாஸ்ஃபேட்
Adenosine tri phosphate (ATP) — அடினோசைன் டிரைஃபாஸ்ஃபேட்
Adhesive force — ஒட்டாற்றல்
Aeranchyma — ஏரங்கைமா
Aerole — வளியுயிரி
Aerobic respiration — வளியுயிர்ப்பு
Aerva — பீழைப் பூண்டு
Aeschynomene — ஏஸ்கினுமினி
ALFRED RUSSEL WALLACE — ஆல்பிரட் ரஸ்ஸல் வாலஸ்
Alfalfa — ஆல்பால் பா
Alkalinity — காரத்தன்மை, காரமை
Alluvial soil — வடிமண்
Aluminium silicate — அலுமினியம் சிலிகேட்
Ammonia — அமோனியா
Ammonifying — அமோனிஃபையிங்
Amylase — அமிலேஸ்

Anaerobe — வளியறுயிரி
Anaerobic respiration — வளியறுயிர்ப்பு
Anions — அனயனிகள்
Ascent of sap — சாறேற்றம்
Aster — **ஆஸ்டா**
Atmosphere — வளிவெளி
Atmospheric air — வெளிவெளி
Australian — ஆஸ்திரேலியன்
Autecology — தனிச்சூழ்நிலையியல்
Auxin — ஆக்சின்
Auxenolonic acid — ஆக்செனலோனிக் ஆசிட்
Auxentriolic acid — ஆக்சென் டிரையோலிக் ஆசிட்
Avena sativa — **அவீனு சட்டைவா**
Avicennia — **அவிசீனியா**
Azotobacter — **அசெடோ பேக்டர்**

B

Back crossing — மறித்துக் கலத்தல்
Bacteria — பாக்டீரியங்கள்
Bacterium — பாக்டீரியம்
Barium carbonate — பேரியம் கார்பனேட்
Barium hydroxide — பேரியம் ஹைட்ராக்சைடு
Beagle — பீகிள்
Biochemistry — உயிர் வேதியியல்
Biotic factors — சூழுயிர்கள்
Biotin — பயோட்டின்
Blue green algae — பசு நீலப் பாசி
Breathing roots — சுவாச வேர்கள்
Bryophyllum — **பிரையோஃபில்லம்**

C

Calcium — கால்சியம்
Capillarity — காப்பிலாரிட்டி
Capillary water — காப்பிலரி நீர்
Caralluma — **காராலூமா**
Carbohydrate — கார்போஹைட்ரேட்
Carbonation — கரியெய்தல்
Carbon-di-oxide — கார்பன்டை ஆக்சைடு
Carbon-di-sulphide — கார்பன்டை சல்பைடு
Caribou — காரிபூ

Carotinoid — காரோட்டினுய்டு
Cassia multijugo — கேசியா மல்டி ஜுகோ
Casssi bicapsularis — கேசியா பைகாப்சுலாரிஸ்
Cation — கேசயனிகள்
Casuarina — சவுக்கு
Cereus — சீரியஸ்
Cell differentiation — செல்லுறு மாற்றம்
Cell division — செல்லிரட்டிப்பு
Cell membrane — செல் சவ்வு
Cellulose — செல்லுலோஸ்
Cell wall — செல் சுவர்
Centifugal force — வெளி வீச்சுச் சக்தி
Ceratophyllum — **செரடோபில்லம்**
Chance event — வாய்ப்பு நிகழ்ச்சி
CHARLES DARWIN — சார்லஸ் டார்வின்
Chemical factors — வேதிய அமிசங்கள்
Chemodaphne — **கேமோடாப்னி**
Chimpanze — சிம் பான்சி
Chlorenchyma — குளோரங்கைமா
Chloroform — குளோரோஃபார்ம்
Chlorophyll — பச்சையம்
Chloroplast — பசுணி
Citric acid — சிட்ரிக் ஆசிட்
Citric acid cycle — சிட்ரிக் ஆசிட் சுழல்
Cladode — கிளாடோடு
Clay — களிமண்
CLEMENTS — கிளமென்ட்ஸ்
Clinostat — கிளினோஸ்டாட்
Clostridium — குளோஸ்ட்டீரியம்
Coaction — கூட்டுப் பாதனை
Coagulability — துவைதல்
Cobalt chloride — கோபால்ட் குளோரைடு
Co-enzyme A — கூட்டு நொதி A
Cohesion theory — கூட்டிணைவுக் கோட்பாடு
Cohesive force — இணைவாற்றல்
Cold blooded animal — குளிரிரத்த விலங்கு
Coleoptile — கோலியாப்டைல்
Colloid — கொல்லாய்டு
Collodion — கொல்லாடியான்

Colluvial soil — சரிவு மண்
Compound leaf — கூட்டிலை
Concentration — செறிவு
Cortex — புறணி
CORRENS — காரென்ஸ்
Cosmos — காஸ்மாஸ்
Cuticle — கியூட்டிகிள்
Cuticular transpiration — கியூட்டிகிள் நீராவிப் போக்கு
Cutin — கியூட்டின்
Cyclic phosphorylation — சுழல்ஃபாஸ்ஃபாரிலேஷன்
Cytochrome — சைட்டோகுரோம்
Cytochrome oxidase — சைட்டோகுரோம்ஆக்ஸிடேஸ்
Cytoplasm — சைட்டொ பிளாசம், உயிரிலம்
Cystine — சிஸ்டைன்
Cytosine — சைடொசின்

D

Dark reactions — இருட்கிரியைகள்
DAUBENMYER — டாபன் மயர்
Day neutral plants — பகல் மதியாத் தாவரங்கள்
Deciduous forest — இலையுதிர் காடு
Deoxy ribonucleic acid (DNA) — டியாக்சி ரைபோ நியூக்ளிக் ஆசிட்
Denitrifying bacteria — நைட்ரஜன் நீக்கும் பாக்டீரியங்கள்
2-4,dichloro phenoxy acetic acid — 2-4 டை குளோரோஃபீனுக்ஸி அசிடிக் ஆசிட்.
Dicotyledon — இருவிதை இலையி
Differentially permeable membrane — நுழையா நுழைச் சவ்வு
Diffusion — ஊடுபரவல்
Diffusion pressure — நீருடு பரவமுக்கம்
Diffuison pressure deficit — நீருடு பரவமுக்கக் குறை
Direct factors — நேரடி அமிசங்கள்
Distribution — விரவு
DIXON — டிக்சன்
Dominant Character — ஓங்கியல்பு
Dry deciduous forest — இலையுதிர் உலர்காடு
Dry weight — உலரெடை

E

Ecology — சூழ்நிலையியல்
EICHHORNIA — **ஐக்கோர்னியா**
Electromagnetic wave — மின் காந்தக் கதிரலை
ELK — எல்க்
ELODEA — **எலோடியா**
Embryology — கருவியல்
Emersed or amphibious hydrophytes — மேலெட்டிய நீர்த்தாவரங்கள்
Endoplasmic reticulum — எண்டோபிளாஸ்மிக் ரெட்டிகுலம்
Enzyme — நொதி
Epiphyte — மேலமரி
Epithem — எபிதம்
Equator — நில நடுக்கோடு
ERNEST HACKEL — **எர்னஸ்ட் ஹெக்கல**
Ethiopian — எத்தியோப்பியன்
Ethyl alcohol — எதைல் ஆல்கஹால்
Ethyl ether — எதைல் ஈதர்
EUPHORBIA ANTIQUARUM — **சதுரக்கள்ளி**
EUPHORHIA TIRUCALLI — கொடிக்கள்ளி
Evolution — மருஉ

F

Farmer's potometer — ஃபார்மரின் போட்டோமீட்டர்
Feldspar — ஃபெல்டுஸ் பார்
Fermenting bacteria — நொதிப்பிக்கும் பாக்டீரியங்கள்
FICUS AUREA — **ஃபைகஸ் அயூரியா**
Field capacity — நீர்க் கோர்வு
Flavin — ஃபிளேவின்
Floating hydrophytes — மிதக்கும் நீர்த்தாவரங்கள்
Flora — தாவரணி
Fluorescence — மின்னொளிர்வு
Forest — அடவி, காடு,
Fossil — புதையுயிர்
Fructose diphosphate — ஃபிரக்டோஸ் டைஃபாஸ்பேட்
Fumaric acid — ஃபியூமாரிக் ஆசிட்
Fungus — பூஞ்சணம்
Funnel — கூம்பி

G

Galapogos — கலபகாஸ்
Gamete — கேமீட்
Ganong potometer — கேனுங் போட்டோமீட்டர்
Gelation — ஜிலேஷன்
Gene — ஜீன், இயல்பி
Genetics — மரபியல்
Genotype — மரபுரு
Geological era — பூகற்பசகாப்தம்
Geotropism — ஈர்ப்பொருக்கணிப்பு
Ginko biloba — ஜின்கோபைலோபா
Globulin — குளோபுலின்
Glycolysis — கிளை காலிசிஸ்
Gorilla — கொரில்லா
Grana — கிராளு
Growth movment — வளரசைவு
Guanine — குயானின்
Guard cell — காப்புச்செல்
Guttation — நீருகுத்தல்

H

Habitat — சுற்றுப்புறம், வாழிடம்
Halophytes — உப்புத் தாவரங்கள்
Harmone — ஹார்மோன்
Henslow — ஹென்ஸ்லோ
Hetroauxin — ஹெட்டிரோ ஆக்சின்
Heiracium — ஹீரேசியம்
Holaretic — ஹோலார்க்டிக்
Hooker — ஹுக்கர்
Horizantal microscope — கிடை மைக்கிராஸ்கோப்
Hugo de vries — ஹியூகோ டிவ்ரிஸ்
Humus — மட்கு
Hydrated aluminium sesquioxide — நீரெய்திய அலுமினியம் செஸ்குவி ஆக்சைடு
Hydration — நீரெய்தல்
Hydrilla — ஹைட்ரில்லா
Hydrogen — ஹைட்ரஜன்
Hydrolysis — நீர் நசிதல், நீர்த்தவிப்ர்பு

Hydrophytes — நீர்த்தாவரங்கள்
Hydrotropism — நீரொருக்கணிப்பு
Hygrophila — ஹைகிரொஃபில்லா
Hygroscopic movement — நீருறசைவு
Hygroscopic water — பசைநீர்

I

Indirect factors — மறைமுக அமிசங்கள்
Indole 3 acetic acid - இண்டால் 3 அசிடிக் ஆசிட்
Insectivorous plants — பூச்சியுண்ணித் தாவரம்
Intercellular space — செல்லிடை வெளி
Intolerent — நிழல் சகிக்காதன
Ipomoea — ஐப்போமியா
Iron — இரும்பு
Irreversible change — மீளாமாற்றம்
Isolating mechanisms — தனிப்படு வழிகள்

J

JOHNAN GREGOR MENDEL— ஜொஹ்ஞன் கிரிகர் மெண்டல்

K

a Keto glutaric acid — *a* கீட்டோ குளூடாரிக் ஆசிட்
Krebs cycle — கிரப் சுழல்

L

Lactic acid — லேக்டிக் ஆசிட்
Lamarck — லாமார்க்
Lamina — பத்திரம்
Laterite — லேட்டிரைட்
Latitude — குறுக்கு ரேகை
Law of dominance and recession— ஓங்கொடுங்குவிதி
Law of independent assortment— தனித்தியங்குவிதி
law of segregation — தனி கூர்விதி
Lemna — லெப்ஞ
Lentical — லென்டிசெல்
Lichen — லைக்கன்
Light reaction — ஒளிக்கிரியைகள்
Light screen — ஒளித்தடுப்பு
Lignification — லிக்னினூட்டம்

Lignin — லிக்னின்
Lime — சுண்ணும்பு
Limiting factor — வரம்பமைவு
Limnophila — லிம்ஞேபில்லா
Linnaen society — லின்ஞேயஸ் கழகம்
Lipo protein — லிப்போ புரொட்டீன்
Lithophytes — பாறைத்தாவரங்கள்
Long day plants — நீள் பகல்தாவரங்கள்
Longitude — நீள் ரேகை
Lyell — லையல்
Lyzozome — லைசொசோம்

M

Megnesium — மக்னீசியம்
Malic acid — மாலிக் ஆசிட்
Malthus — மால்தஸ்
Mammals — பாலூட்டிகள்
Mangrove — மாங்ரூவ்
Medicago sativa — மெடிகாகோ சட்டைவா
Melilotus alba — மெலிலோட்டஸ் ஆல்பா
Mesophyll — மீசோபில்
Mesophytes — வளமைத் தாவரங்கள்
Mica — மைகா
Micellae — மைசெல்கள்
Middle lamella — நடு லேமெல்லா
Millimicron — மில்லிமைக்ரான்
Mimosa pudica — மைமோசா பூடிகா
Mitochondrion — மிட்டோ கோன்ரியம்
Mitosis — மைட்டாசிஸ்
Moist deciduous forest — இலையுதிர் ஈரக்காடு
Molecule — மாலிக்யூல்
Molebdenum — மாலிப்டினம்
Monocotyledon — ஒருவிதையிலையி
Monosaccharide — மோனே சேக்கரைடு
Mosses — மாஸ்கள்
Mountain soil — மலைமண்
Mutation — மியூடேசன், நுண்மருஉ
Mycorrhiza — மைகோரைசா

N

NAGELI	— நேகலி
Najas	— நாஜஸ்
α Napthalein acetic acid	— நேப்தலின் அசிடிக் ஆசிட்
α Napthoxy acetic acid	— நேப்தாக்சி அசிடிக் ஆசிட்
Nastic movements	— நிலைமாறசைவுகள்
Negative phototropism	— ஒளியெதி ரொருக்கணிப்பு
Negative geotropism	— ஈர்ப்பெதிரொருக்கணிப்பு
Nelumbium	— தாமரை
Nematode	— நெமட்டோடு
Neotropical	— நியோடிராபிகல்
Neutral	— நடுமை
Neutral fat	— நியூட்ரல் கொழுப்பு
Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD)	— நிகோட்டினமைடு அடினின் டைநியூக்ளியோ டைடு(NAD)
Nitrate	— நைட்ரேட்
Nitrite	— நைட்ரைட்
Nitrogen	— நைட்ரஜன்
Nitrogen fixing bacteria	— நைட்ரஜன் நிலைகூர் பாக்டீரியங்கள்
Nitrifying bacteria	— நைட்ரஜன் மாற்றும் பாக்டீரியங்கள்
Noncyclic prosphorylation	— சுழலாஃபா ஸ்ஃபாரிலேஷன்
Nucleic acid	— நியூக்ளிக் ஆசிட்
Nucleo protein	— நியூக்ளியோ புரொட்டீன்
Nucleus	— நியூக்ளியஸ்
Nutation	— சுழலசைவு
Nymphaea	— அல்லி

O

Oenothera lamarchina	— ஈனொத்திரா லாமார்க்கியானா
Opossum	— ஓபோசம்
Optimum temperature	— இயைபு வெப்பம்
Opuntia	— சப்பாத்தி
Orang outang	— உராங் உடான்
Orchid	— ஆர்க்கிடு
Organic evolution	— உயிர் மரூஉ
Organic compound	— உயிர்த்தாது
Oriental	— ஓரியன்டல்
Osmometer	— சவ்வூடு பரவமுக்கமானி

Osmosis — சவ்வூடு பரவல்
Oxalo acetic acid — ஆக்சலோ அசிடிக் ஆசிட்
Oxidation — ஆக்சீகரணம்
Oxylcphytes — காடித்தாவரங்கள்
Oxygen — ஆக்சிஜன்

P

Palisade — பாலிசேட்
Parasite — ஒட்டுண்ணி, புல்லுருவி
Parkinsonia — பார்க்கின் சோனியா
Pentosan — ஐங்கரியம்
Pentose sugar — ஐங்கரிச்சர்க்கரை
Pettenkoffer tube — பெட்டன்காபர் குழல்
Phenotype — வெளியுரு
Phosphatide — ஃபாஸ்பேடைடு
Phospho glycerldehyde (PGAL) — ஃபாஸ்ஃபோகிளிசரால் டிஹைடு (PGAL)
Phospho glyceric acid (PGA) — ஃபாஸ்ஃபோ கிளிசரிக் ஆசி (PGA)
Phosphoric acid — பாஸ்பாரிக் ஆசிட்
Phosphorous — ஃபாஸ்பரஸ்
Photo oxidation — ஒளியாக்சீகரணம்
Photosynthesis — ஒளிச்சேர்க்கை
Phototropism — ஒளியொருக் கணிப்பு
Phyllode — ஃபில்லோடு
Physical factors — பௌதிக அமிசங்கள்
Physically dry habitat — நீரறு வாழிடம்
Physical property — பௌதியல்பு
Physiologically dry habitat — நீர்தராவாழிடம்
Physiology — இயங்கியல்
Phytogeographer — தாவரப்பூகோளிகர்
Phytosterol — ஃபைட்டோஸ்டிரால்
Pistia — பிஸ்டியா
Plasmodium — பிளாஸ்மோடியம்
Plastid — பிளாஸ்டிடு
Platypus — பிளாடிபஸ்
Pleiocene — பிளியொசீன்
Pleistocene — பிளிஸ்டொசீன்
Poinsettia — பாயின் செட்டியா
Polyploid — பன்மடங்கி

Polysaccharides	— பல்கரிச்சர்க்கரைகள்
Positive geotropism	— ஈர்ப்புச் சாரொருக்கணிப்பு
Positive hydrotropism	— நீர் நேரொருக்கணிப்பு
Positive Phototropism	— ஒளிசாரொருக்கணிப்பு
Potash	— பொட்டாஷ்
Potassium hydroxide	— பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு
Potometer	— போட்டோமீட்டர்
Potomogeton	— போட்டொமாஜிடான்
Primary wall	— முதற் சுவர்
Protein	— புரொட்டீன்
Protozoa	— புரொட்டொசோவா
Psommophytes	— மணல் தாவரங்கள்
Psychrophytes	— குளிர்த் தாவரங்கள்
Purine	— பியூரின்
Pyramidine	— பிரமிடின்
Pyruvic acid	— பைருவிக் ஆசிட்

Q

Quartz	— குவார்ட்ஸ்

R

Radiation	— ரேடியேஷன்
Reaction	— எதிர்ப்பாதனை
Recessive character	— ஒடுங்கியல்பு
Reduction	— நீக்கரணம்
Reduction division	— குறைப்பிரட்டிப்பு
Rhesus monkey	— ரீசஸ் குரங்கு
Relative humidity	— ஒப்புக் காற்றீரம்
Remote factors	— அகலமிசங்கள்
Respiratory quotient	— உயிர்ப்பு விகிதம்
Residual soil	— நிலைமண்
Respiration	— உயிர்ப்பு
Respirometer	— உயிர்ப்புமானி
Respiroscope	— உயிர்ப்புக் குப்பி
Rhizobium	— ரைஃசோபியம்
Rhizome	— ரைசோம்
Rhizosphere	— ரைஃசோஸ்பியர்
Ribosome	— ரைபொசோம்
Ribulose diphosphate	— ரைபுலோஸ்டைஃபாஸ்ஃபேட்

Ribulose phosphate — ரைபுலோஸ்ஃபாஸ்ஃபேட்
RITER — ரிட்டர்
Root hair — வேர்த்தூவி
Root pressure — வேரழுத்தம்
Root system — வேரிலம்

S

Selicornia — சாலிகோர்னியா
Sand — மணல்
Saprophyte — சாறுண்ணி, மட்குண்ணி
Sarcostemma — சார் கோஸ்டெம்மா
SCHIMPER — ஷிம்பர்
Scirpus — ஸ்கிர்பஸ்
Scrub forest — முட்காடு
Secondary wall — பிற்சுவர்
Seed dormancy — விதை முடக்கம்
Sexual reproduction — கலவியினப்பெருக்கம், பாலினப் பெருக்கம்
Short day plants — குறும் பகல்தாவரங்கள்
Shoot system — தண்டிலம்
Silica — சிலிகா
Silt — நுண்மணல்
Simple leaf — தனியிலை
Sloth — ஸ்லாத்
Soil — மண்
Soil air — மண் காற்று
Soil composition — மண்ணியைபு
Soil structure — மண்ணமைப்பு
Soil water — மண்நீர்
Solarisation — சோலரைசேஷன்
Solution — கரைசல்
Specific heat — திண் வெப்பம்
Sphagnum — ஸ்ஃபேக்னம்
Spinifex — ஸ்பைனிஃபெக்ஸ்
Spongy tissue — ஸ்பாஞ்சிதிசு
Starch — ஸ்டார்ச்
Statistics — புள்ளியியல்
Stele — குழலம், ஸ்டீல்

Stoma — ஸ்டோமா
Stomata — ஸ்டோமாக்கள்
Stop cock — மூடு திறப்பி
Strawberry — ஸ்ட்ராபெரி
Streaming — பாய்தல்
Stroma — ஸ்ட்ரோமா
Submerged hydrophytes — மூழ்கிய நீர்த்தாவரங்கள்
Succinic acid — சக்சினிக் ஆசிட்
Succulence — சதப்பை
Surface feeder — மேலாவுண்ணி
Sulphur dioxide — சல்ஃபர்டை ஆக்சைடு
Supersonic vibrations — கேளாவிரைவலைகள்
Synecology — குழுச்சூழ்நிலையியல்

T

Tabir — டபிர்
Tamarix — டாமரிக்ஸ்
Tarsier — டார்சியர்
Tendril — சுருளி
Tertiary — டெர்ஷியரி
Thigmotropism — உராய்வொருக்கணிப்பு
Thistle funnel — திசில்பனல்
Thyamine — தையமின்
Titanium — டிட்டானியம்
Tolerant — நிழல்சகிப்பன
Tracheid — டிராக்கிடு
Transpiration — நீராவிப் போக்கு; டிரான்ஸ்பிரேஷன்
Transparency — ஊடு தெரிவு
Transported soil — கொணர்மண்
Tripalmitin — டிரைபால்மிடின்
Tropical deciduous evergreen forest — மாருப்பசுமை இலையுதிர் காடு
Tropical evergreen rain forest — மாருப்பசுமை மழை வெப்பக் காடு
Tropic movements — ஒருக்கணியசைவுகள்
Trypsin — டிரிப்சின்
TSCHERMARK — சேர்மார்க்
Tuber — டியூபர்
Turgor — உப்பல்

Turgor movement — உப்பலசைவு
Turgor pressure — உப்பலழுத்தம்
Typha — டைபா

U

Ultraviolet rays — அதியூதாக்கதிர்கள்
Unstable — நிலையாநிலை
Utricularia — யூட்ரிகுலேரியா

V

Vaccinium — வாக்சினியம்
Vacuole — வேக்யூல்
Vallisneria — வாலிஸ்னேரியா
VAN MOHL — வான்மோல்
Vegetation — தாவரச் செறிவு
Vegtative crops — உடலப்பயிர்கள்
Vegetative reproduction — உடலினப் பெருக்கம்
Vermiform appendix — குடல்வால்
Vestigeal organs — அடையாள உறுப்பு
Viscosity — பிசுக்கு
Visum album — விஸ்கம் ஆல்பம்

W

Warburg apparatus — வார்பர்க் கருவி
Warming — வார்மிங்
Water retaining capacity — நீர்கொள் திறன்
Water storage tissue — நீர்சேமிப்புத்திசு
Water table — அடி நீர் மட்டம்
WEISMANN — வீஸ்மேன்
Whale — திமிங்கலம்
White polar bear — வெண்கரடி
Wilting point — வாட்ட நிலை
Wolfia — உல்ஃபியா
Woody plants — கெட்டித் தண்டுத் தாவரம்

X

Xerophytes — வறட்சித் தாவரங்கள்

Y

Yeast — ஈஸ்ட்

Z

Zinnia — ஜின்னியா
Zoology — விலங்கியல்

LIB

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்

சென்னை

1970 ஜனவரிவரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்

	நூல்		ஆசிரியர்	ரூ.	பை
*1.	பொருளாதாரம்—I	...	சி. வேலாயுதம்	6	50
1.A	” II	...	”	9	00
*2.	சோவியத் பொருளாதார வளர்ச்சி	...	டாக்டர் எம். ஜே. கே. தவராஜ்	4	25
*3.	அமெரிக்கப் பொருளாதாரம்	...	”	4	50
*4.	பொருளாதாரச் சிந்தனை வரலாறு	...	சோணசலம்	7	00
*5.	பன்னாட்டு வாணிபம்	...	மு. ஆரோக்கியசாமி	6	00
6.	புதுமைப் பொருளாதாரக் கூறுகள்	...	திருமதி. ஆர். தாமரஜாட்சி	12	00
7.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்—I	...	தி. சி. மோகன்	12	00
8.	” II	...	எம். ஏ. அபூர்வசாமி, பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	10	75
9.	பொருளாதாரக் கோட்பாடு வளர்ந்த வரலாறு	—	க. முத்தையன்	7	00
10.	பணவியலும் பாங்கியலும்—I	...	சி. வேலாயுதம்	6	75
*11.	” II	...	”	11	50
*12.	நவீன பாங்கு இயல்	...	க. வெற்றிவேல்	7	50
*13.	இந்தியச் செலாவணியும் பாங்கு முறையும்	...	பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	5	50
*14.	அரசாங்க நிதி இயல்	...	அர. சேஷாசலம்	4	75
15.	இந்தியப் பொருளியல்—I	...	எம். பாலசுப்பிரமணியன்	10	00
16.	” II	...	எம். லூர்துநாதன்	4	25

*மூலநூல் (Original Book)

பொருளாதாரம் (தொடர்ச்சி)

		ரூ.	பை.
17. நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை—I	... சி. சுந்தரராஜன்	... 10	75
18. ,, II	... எஸ். குழந்தைநாதன்	... 10	50
19. இங்கிலாந்தின் பொருளாதார வரலாறு—I	... கீ. சீ. இராமசாமி	... 6	00
20. ,, II	... ,,	... 6	00
21. அமெரிக்காவின் நவீன பொருளாதார வளர்ச்சி	... தி. சி. மோகன்	... 5	00
22. அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு—I	... மு. க. சுப்பிரமணியம்	... 11	00
23. ,, II	... பி. வி. சீனிவாசன்	... 6	00
24. III	... ,,	... 6	50
25. அரசாங்க நிதியியலின் பொருளாதாரம்—I	... மா. குமாரசாமி	... 10	00
26. ,, II	... அர. சேஷாசலம்	... 9	50
27. இந்தியாவின் பொருளாதார வளர்ச்சி—I	... தே. வேலப்பன்	... 10	00
28. ,, II	... ஜி. சிதம்பரம்	... 8	00
29. பணம்—சிறு விளக்கம்	... கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	... 10	00
30. வாணிக இயலின் தத்துவங்கள்	... கு. ஆளுடைய பிள்ளை	... 9	50
31. பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டில் கிரேட் பிரிட்டனில் தொழில்-வாணிகப் புரட்சி	... சு. ரா. கருப்பண்ணன்	... 11	00
32. பென்ஹாம் பொருளாதாரம்—I	... ஏ. குழந்தை	... 11	00
33. ,, II	... எஸ். குழந்தைநாதன்	... 7	00
34. வரவு செலவுத் திட்டம்	... ஆர். ரங்காச்சாரி	... 6	00
35. பன்னாட்டுப் பொருளாதாரம்—I	... ஏ. குழந்தை	... 7	50
36. ,, II	... கே. எஸ். இராமசாமி	... 9	00
37. பொருளாதார ஆய்வு நூல்—I	... கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	... 7	75
38. ,,	,,	... 7	00
39. வளர்ச்சியுறாத நாடுகளின் அரசாங்க நிதியியல்	... க. வெற்றிவேல்	... 4	25
40. வளர்ச்சி குறைந்த நாடுகளின் முதலாக்கம் பற்றிய சிக்கல்கள்	மா. குமாரசாமி	... 5	50
41. 1939 முதல் இந்தியாவில் பணவீக்க விலைப் போக்குகள்	.. சி. சுந்தரராஜன்	... 7	50

42.	பொருளாதார வளர்ச்சி பற்றிய கட்டுரைகள்	— எம். கே. சுப்பிரமணியம்	— 7	75
43.	இந்தியப் பொருளாதார வரலாறு (1857—1956) I	— ம. திருநாவுக்கரசு	— 7	00
44.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்	— பு. வி. சீனிவாசன்	— 6	25
வரலாறு				
*45.	பிரிட்டன் வரலாறு— I	— கி. ர. அனுமந்தன்	— 4	50
*46.	,, II	— ,,	— 3	50
*47.	,, III	— ,,	— 7	25
*48.	ஐரோப்பிய வரலாறு—I	— டி. வி. சொக்கப்பா	— 4	50
49.	ஐரோப்பா—கடந்த ஐந்து நூற்றுண்டுகாலச் சரித்திரம்	— வை. விருத்தகிரீசன்	— 15	00
50.	இங்கிலாந்து வரலாறு—I	— இரா. அண்ணமலை	— 13	00
51.	,, II	— பா மாணிக்கவேலு	— 13	00
52.	,, III	— என். ஜே. ராஜகோபால்	— 8	00
53.	,, IV	— ,,	— 8	00
54.	இங்கிலாந்தின் வரலாறு—I	— க. த. திருநாவுக்கரசு	— 15	00
55.	,, II	— எம். எக்ஸ். மிராண்டா	— 8	00
56.	,, III	— ,,	— 5	00
57.	இந்தியாவின் சிறப்பு வரலாறு—I	— தி. வெ. குப்புசாமி	— 7	50
58.	,, II	— ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	— 9	00
59.	,, III	— அ. பாண்டுரங்கன்	— 11	00
60.	கிரேக்கநாட்டு வரலாறு—I	— சைமன் ஐ. எஸ். பாக்கியநாதன்	— 7	50
61.	,, II	— ,,	— 7	00
62.	,, III	— பி. இராமானுஜம் தேவதாஸ்	— 7	75
63.	ஆக்ஸ்ஃபோர்டின் இந்தியவரலாறு—I	— தி. வெ. குப்புசாமி	— 8	25
64.	,, II	— ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	— 7	50
65.	,, III	— க. த. திருநாவுக்கரசு	— 10	50

*மூலநூல் (Original Book)

வரலாறு (தொடர்ச்சி)

			ரூ.	பை.
66.	முகலாயப் பேரரசு—I	ஏ உஸ்மான் ஷெரீப் எம். எக்ஸ். மிராண்டா	7	50
67.	,, II	எம். எக்ஸ். மிராண்டா, பா. மாணிக்கவேலு	7	75
68.	ஆங்கில அரசியலமைப்பின் வரலாறு—I	வை. விருத்தகிரீசன்	7	50
69.	,, II	வை. விருத்தகிரீசன், இரா. அண்ணாமலை	6	75
70.	,, III	இரா. அண்ணாமலை, பா. மாணிக்கவேலு	6	50
71.	,, IV	பா. மாணிக்கவேலு	7	00
72.	ஆங்கிலேயரின் சமுதாய வரலாறு - I	சி. ஈ. இராமச்சந்திரன்	6	50
73.	,, II	சி. ஈ. இராமச்சந்திரன், இர. ஆலாலசுந்தரம்	6	75
74.	,, III	ஆர். ஆலாலசுந்தரம்	6	50
75.	இந்தியாவில் முகலாயரின் ஆட்சி—I	பா. மாணிக்கவேலு	5	00
76.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	6	00

அரசியல்

*77.	அரசியல் அமைப்புகள்	ஜே. ராமச்சந்திரன்	4	62
78.	அரசாங்கத்தின் வரலாறு	மோ. கிளாரன்சு, டி.டி. பெலிக்ஸ்	7	50
79.	இந்திய அரசியலமைப்பு	வீ. கண்ணையா	4	75
80.	அரசியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	டி. செல்லப்பா	8	50
81.	தற்கால அரசியல் அமைப்புகள்	மொ. வள்ளுவன்கிளாரன்சு	8	50
82.	பன்னாட்டு அரசியல்—I	திருமதி நூர்ஜஹான் பாவா	16	00
83.	,, II	,,	13	25
84.	பொதுத்துறை ஆட்சி இயல்—I	வீ. கண்ணையா	9	00
85.	,, II	இ. ஜெகதீசன்	7	25
86.	பொதுத்துறை ஆட்சியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	வீ. கண்ணையா	7	50
87.	,, II	டி. செல்லப்பா	7	50

88.	இந்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம்	தி. வெ. குப்புசாமி, எஸ். சுப்பிரமணியன்	9	25
89	இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி—I	வீ. கண்ணையா	6	25
90.	,, II	வீ. கண்ணையா, கி ர அனுமந்தன்	5	75
91.	,, III	கி. ர. அனுமந்தன்		
*92.	மக்கள் ஆட்சி	க சந்தானம்	4	25
93.	1919 முதல் சர்வதேச உறவுகளும் உலக அரசியலும்	என். ஜே. ராஜகோபால்	7	75
94.	சமூக, அரசியல் கொள்கையின் அடிப்படைகள்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	7	00
95.	அரசியலமைப்புச் சட்ட ஆய்வுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	பா. சூரியநாராயணன்	5	75
96	,, II	பா. சூரியநாராயணன், கி. ர. அனுமந்தன்	6	00
97.	,, III	கி. ர. அனுமந்தன்	5	75

உளவியல்

98.	குழந்தை உளவியல்—I	கி ர. அப்புள்ளாச்சாரி	8	00
99.	,, II	,,	7	00
100.	உட்கவர் மனம்	சி. ந. வைத்தீஸ்வரன்	7	00
101.	இளையோர் உளவியல்—I	தி. இரா. அரங்கராசன்	12	00
102.	,, II	,,	9	00
103.	சமூக உளவியல்	என். வேதமணி மானுவேல்	9	25
04.	பிறழ்நிலை உளவியல்	அ. பெசன்ட் கிரீப்பர்ராஜ்	11	00
105.	பித்தரின் உள்ளம்	,,	3	00
*106.	குமர உள்ளம்	டாக்டர் மு. அறம்	6	25

*மூல நூல் (Original Book)

			ரூ	பை
தத்துவம்				
107.	இந்து சமயத் தத்துவம்	ஞா. ராஜா பகதூர்	5	50
*108.	அறிவு ஆராய்ச்சி இயல்	ஆர். ராமனுஜாச்சாரி	3	50
*109.	மேலை நாட்டுத் தத்துவம்	ஆர். எஸ். தேசிகன்	3	50
110.	அத்துவித தத்துவம்	கோ. மோ. காந்தி	6	50
111.	ஆங்கிலேயப் பயன்வழிக் கொள்கையினர்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	5	50
112.	இந்தியத் தத்துவம்—I	வ. அ. தேவசேனபதி, பா நா. சண்முக சுந்தரம்	3	50
113.	,, II	,,	6	00
114.	மெய்ப் பொருளியல் – ஓர் அறிமுகம்—I	சி. இராமலிங்கம்	6	00
அறவியல்				
115.	அறவியல் - ஓர் அறிமுகம்	கோ. மோ. காந்தி	8	50
அளவையியல்				
116.	அளவையியல் தொடக்க நூல்	கி. ர. அப்புள்ளச்சாரி	2	50
மானிடவியல்				
117.	மானிடவியல்	ம. சு. கோபாலகிருஷ்ணன்	4	75
118.	பண்பாட்டுக் கோலங்கள்	கி. பூ. சுப்பிரமணியம்	5	50
*119.	இந்தியாவில் குடியானவர் வாழ்க்கை	எஸ். இலட்சுமி	3	50
சமூகவியல்				
120.	சமூகவியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள்	ஜே. நாராயணன்	10	50

புவியியல்

121.	ஆசியா—I	... கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	... 9	50
122.	,, II	... ,,	... 8	75
123.	ஐரோப்பாக் கண்டத்தின் புவியியல்	... ஏ. எஸ். நாராயணன்	... 8	50
*124.	தென்கிழக்கு ஆசியா	... ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி	... 8	50
*125.	வட அமெரிக்கா	... குமாரி இரா. அலமேலு	... 8	25
*126.	தென் அமெரிக்கா	... எம். என். பத்மநாபன்	... 9	00
*127.	தென் கண்டங்கள்—ஆஸ்திரேலியா	... திருமதி எச். நியூமன்	... 4	00
*128.	,, — ஆஃப்ரிக்கா	... எஸ். முத்துகிருஷ்ணக் கரையாளர்	... 3	25
*129.	புவிப்புறவியல்—II	... நா. அனந்தபத்மநாபன்	... 6	00
*130.	செய்முறைப் புவியியல்	... சு. ஜெயச்சந்திரன்	... 9	00
*131.	மக்கட்பரப்பியல்	... வி.எஸ். அனந்தபத்மநாபன்	... 6	25
*132.	சமுத்திரவியல்	... கோ. இராமசாமி	... 6	50
133.	காலநிலை இயல்—I	... கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	... 10	00
134.	,, II	... ,,	... 5	00
135.	காலநிலை இயல்	... திருமதி இராதா	... 10	00
136.	வளியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	... கோ. இராமசாமி	... 11	00
137.	புவி அமைப்பு இயல்	... சி. விஸ்வநாதன்	... 4	75
138.	பௌதிகப் புவியியலும் புவியமைப்பியலும்	... கோ. இராமசாமி	... 6	00
139.	சிஷோமின் வாணிகப் புவியியல்—I	... எஸ். மாணிக்கம்	... 9	50
140.	II	... எம். கார்த்திகேயன்	... 12	00
141.	III மூலநூல் (Original Book)	... சி. எஸ். நரசிம்மன்	... 5	75

			ரூ.	பை.
புள்ளியியல்				
*142.	புள்ளியியல்—அறிமுகம்	சு. வைத்தியநாதன்	10	00
143.	புள்ளியியல் முறைகள்—I	கோ சண்முகசுந்தரம்	10	00
144.	,, II	இரா்ஜகோபாலன்	14	C0
145.	நம்மைச் சுற்றியுள்ள பேரண்டம்	தி. வி. லட்சுமிநரசிம்மன்	6	50
உயர்கணிதம்				
*146.	ஆயத்தொலை வடிவகணிதம்	டி. கே மாணிக்கவாசகம் பிள்ளை	12	50
*147.	வகை நுண்கணிதம்	,,	8	00
*148.	தொகை நுண்கணிதம்	தி. கோவிந்தராசன்	9	00
விலங்கியல்				
*149.	விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணாமலை, இரா. முருகேசன்	12	00
பௌதிகவியல்				
150.	ஒளி நூல்	ச.சம்பத்து	10	00
விஞ்ஞானம்				
*151.	வானவெளி வெற்றி	டாக்டர் எம்.ஏ. தங்கராஜ்	6	00
*152.	ரேடியோ	டாக்டர் பி திருஞானசம்பந்தம்	4	75
*153.	எக்ஸ்—கதிர்கள்	பெ. நா. அப்புசாமி, ஜே. பி. மாணிக்கம்	4	50
*154.	பாம்புகள்	பெ. மா. அண்ணாமலை	3	50
*155.	தாவரம்—வாழ்வும் வரலாறும்	டாக்டர் கு. சீனிவாசன்	8	00
*156.	கரும்பு	கு. பெரியசாமி	4	00
*157.	தாவரங்களின் வாழ்வியல்	எஸ். சுந்தரம்	6	50

			ரூ.	பை.
மருத்துவம்				
*158.	நீரிழிவு—க்ஷயரோகம்	டாக்டர் ஜி. வேங்கடசாமி, டாக்டர் ஏ. கதிரேசன்	2	50
159.	மகப்பேறும் மாதர் நோயும்	டாக்டர் (குமாரி) மணிமேகலை	8	25
*160.	பாக்டீரியா	சு. சுந்தரம்	2	50
161.	புற்றுநோய்	அ. கதிரேசன்	3	50
162.	உடலியங்கியல்—I	டாக்டர்கள் ஜி. வேங்கடசாமி, டி. சரோஜினி, எஸ். கே. துரைராஜ், ஆர். சேது	6	75
163.	,, II	,,	5	50
164.	என்புருக்கி நோய்	டாக்டர் அ. கதிரேசன்	7	25
பொறியியல்				
165.	நீங்களே உங்கள் வீட்டைக் கட்டலாம்	கே. வி. கிருஷ்ணராஜ், சி. ஆர். சுப்பிரமணியம், ஆர். இராமசாமி, கே. வேணுகோபால்	8	50
கூட்டுறவு				
166.	உலகக் கூட்டுறவு இயக்கம்	அ. வேல்மணி	5	50
சட்டம்				
*167.	குற்றவியல் சட்டம்	எம். சண்முகசுப்பிரமணியம்	10	00

*மூலநூல் (Original Book)

			ரூ.	பை.

பொது நூல்கள்

168.	மகாத்மா காந்தி	சரஸ்வதி தங்கையன்	3	25
169.	விவசாயப் புரட்சி	வி. கார்த்திகேயன்	8	00
*170.	சேமக் கை-நூல்	ஆ. சுப்பிரமணியம்	2	50
*171.	முற்காலச் சோழர் கலையும் சிற்பமும்	எஸ். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம்	9	00
*172.	உணவும் ஊட்டமும்	தி. வேங்கட கிருஷ்ணய்யங்கார்	4	50

புகுமுக (P.U.C.) வகுப்புகளுக்குரியவை

*173.	உலக வரலாறு	டி. ஆர். இராமச்சந்திரன்	4	00
*174.	பொருளாதாரம்	ஜி. சிதம்பரம்	2	75
*175.	வணிகவியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	கு. ஆளுடைய பிள்ளை	2	50
*176.	,, II	,,	2	25
*177.	பௌதிகம்	டாக்டர் பி திருஞானசம்பந்தம், ஆர். நாகராஜன்	7	50
*178.	புகுமுக பௌதிகம்	டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	5	75
*179.	புகுமுக வகுப்புக் கணிதம்—I	கே. ராஜகோபாலன்	7	00
*180.	,, II	,,	3	00
*181.	புகுமுக வகுப்புக் கணித நூல்—I	டி. கோவிந்தராஜன், முத்துசாமி	7	00
*182.	,, II	,,	4	50
*183.	கணிதம் ஓர் அறிமுகம்—I	ஆர். மகாதேவன்	4	75
*184.	,, II	,,	3	25
*185.	வேதியியல்	பி. டி. முனியப்பா, ஆர். முத்துலட்சுமி	7	00
*186.	புகுமுக வேதியியல்	சி. ஏ. பத்மநாபன்	5	50
*187.	விலங்கியல்	எஸ் ஆப்ரகாம்	4	00
*188.	புகுமுக விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணாமலை	7	25
*189.	புகுமுக வகுப்புத் தாவரவியல்	எஸ். சுந்தரம்	4	50

பட்டப்படிப்பிற்குரிய (B. Sc.) நூல்கள்

			ரூ.	பை.
பௌதிகம் (Physics)				
*190.	எந்திரவியல்—சிறப்புப் பாடம் (Book I)	ஆர். நாகராசன்	6	25
*191.	வெப்பவியல் – சிறப்புப் பாடம்	கே. நாச்சிமுத்து	5	25
*192.	செய்முறை பௌதிகம் – சிறப்புப் பாடம் (Book I)	டி. கமலக்கண்ணன், எஸ். கிருட்டிணசாமி	4	50
*193.	பௌதிகம்—துணைப்பாடம்—I (Book I)	பி. தங்கராஜன்	4	00
*194.	,, (Book II)	,,	3	00
*195.	செய்முறை பௌதிகம் – துணைப்பாடம்	கே. பாசுகரன், இரா. செயராம்	4	50
*196.	மின்னியல் காந்தவியல் (Book I)	டி. ஏ. கருப்பண்ணன்	4	75
*197.	ஒளியியல் சிறப்புப் பாடம்	டாக்டர் வி. சண்முகசுந்தரம், டாக்டர் ஆர். சபேசன்	7	75
வேதியியல் (Chemistry)				
*198.	செய்முறைக்கனிமவேதியியல்— சிறப்புப் பாடம்	டி. இராமலிங்கம்	2	25
*199.	பௌதிக வேதியியல் (Book I)	டி. சக்திவேலு	4	00
*200.	கனிம வேதியியல்—துணைப்பாடம்	சி. ஏ. பத்மநாபன்	6	50
*201.	கனிம வேதியியல் (Book I)	பி. டி. முனியப்பா	4	00
*202.	பொது பௌதிக வேதியியல் - துணைப்பாடம்	ஆர். துளசிதாஸ்	4	75
கணிதம் (Mathematics)				
*203.	இயற்கணிதம் சிறப்புப் பாடம் (Book I)	டி. கோவிந்தராஜன், கே. முத்துசாமி	4	25
*204.	தொகுமுறைவரைகணிதம்—சிறப்புப் பாடம்	ஆர். மகாதேவன்	2	00

*மூலநூல் (Original Book)

கணிதம் (தொடர்ச்சி)

			ரூ.	பை.
*205.	எண்சார் கணிதம்—சிறப்புப்பாடம்	... எம். எம். இராமசாமி	... 5	50
*206.	திரிகோண கணிதம்—சிறப்புப்பாடம்	... வி. அரங்கநாதன்	... 3	25
*207.	கணிதம்—துணைப்பாடம்	... ஆர். அனுமந்தராவ்	... 6	00
*208.	நிலையியல்—சிறப்புப்பாடம்	... கே. இராஜகோபாலன்	... 5	00

புள்ளியியல் (Statistics)

*209.	புள்ளியியல்—துணைப்பாடம்	... எஸ். கருப்பையா	... 3	50

விலங்கியல் (Zoology)

*210.	முதுகெலும்பற்றவை I—சிறப்புப்பாடம்	... ஆர். முருகேசன்	... 11	50
*211.	,, II—சிறப்புப்பாடம்	... திருமதி எஸ். கே. வள்ளி	... 11	25
*212.	முதுகுநாணுள்ளவை I—சிறப்புப்பாடம் (Book I)	... திருமதி ராணி கந்தசுவாமி	... 8	00
*213.	,, (Book II)		... 9	75
*214.	முதுகுத்தண்டுள்ளவை—II—சிறப்புப்பாடம்	... திருமதி கிருஷ்ணவேணி நாராயணன்	... 11	75
*215.	முதுகெலும்பற்றவை—துணைப்பாடம்	... என். இராமலிங்கம்	... 9	00
*216.	முதுகுநாணுள்ளவை—துணைப்பாடம்	... வி. சேது	... 10	00

தாவரவியல் (Botany)

*217.	தாவர வெளி உள்ளமைப்பியல்களும் வகைப்பாட்டியலும்—சிறப்புப்பாடம்	... கே. ராஜசேகரன்	... 11	00
*218.	தாவரப் புற அமைப்பியல்	... கே. பாலச்சந்திரகணேசன்	... 9	25
*219.	தாவர உள்ளமைப்பியல்	... டாக்டர் ஏ. கோவிந்தராஜுலு	... 7	25

*மூலநூல் (Original Book)

LIBRARY